

V-134 含ゼオライト凝灰岩を用いたアルカリシリカ反応抑制技術

北海道立工業試験場 正会員 長野伸泰、高橋 徹、勝世敬一
北海道立地下資源調査所 八幡正弘

1 はじめに

アルカリシリカ反応は、コンクリートの細孔溶液中の水酸化アルカリが骨材中に含まれる不安定なある種のシリカと反応してアルカリシリケートゲルを生成し、更に反応生成物が周囲の水分を吸水して膨張する反応で、内部の膨張圧によりひび割れが発生し、場合によってはコンクリートの強度低下を引き起こすことが知られている¹⁾。

各種岩石試料のアルカリシリカ反応性試験とその岩石・鉱物学的検討により、溶解シリカ量やアルカリ濃度減少量に影響を与える鉱物が特定されている。特に、アルカリ濃度減少量については、従来、生成したアルカリシリケートゲルのポリマー度による²⁾とされていたが、陽イオン交換性を有する粘土鉱物であるスメクタイトの影響も大きいことが報告^{3)、4)}されている。

本報告は、アルカリシリカ反応に起因するコンクリートの膨張を抑制するため、陽イオン交換能の大きいゼオライトを含む凝灰岩で骨材の一部を置換し、その際のアルカリシリカ反応抑制効果を化学法及びモルタルバー法によって調べたものである。

2 試験方法

骨材は化学法で潜在的有害と判定された安山岩砕石である骨材A(Sc:666mmol/l,Rc:136mmol/l)と骨材B(Sc:782mmol/l,Rc:156mmol/l)の2試料、これらの骨材の一部を置換するためのゼオライトは、安価で資源的にも豊富な含ゼオライト凝灰岩のうち土壌改良材として市販されている、a.含クリノプロチロライト凝灰岩(仁木町産)とb.含モルデナイト凝灰岩(上土幌産)の2試料を用いて試験した。

反応性骨材/含ゼオライト凝灰岩の混合比は 100/0,95/5,90/10,80/20,50/50,0/100 及び 100/0,98/2,96/4,92/8,84/16 とし、各混合骨材について化学法及びモルタルバー法で試験した。なお、化学法では、ろ液のアルカリ濃度減少量(Rc)、溶解シリカ量(Sc)の他 Na⁺イオン濃度(Na)を測定した。また、モルタルバー法では、(社)セメント協会から購入したNa₂O換算総アルカリ量0.65%(Na₂O:0.29%,K₂O:0.54%,K₂O/Na₂O:1.9)のアルカリ反応性骨材判定試験用普通ポルトランドセメントを使用した。

3 試験結果

3-1 化学法の試験結果

骨材Aと含クリノプロチロライト凝灰岩の混合試料の化学法試験結果を図1、2に示す。各混合骨材のろ液のNa⁺イオン濃度は凝灰岩置換比率の増加にともない低下した(図1)。また、図2に示すように凝灰岩混合比を増加すると、アルカリ濃度減少量が増大し、逆に溶解シリカ量が低下して、骨材Aのみでは有害域に非常に近い潜在的有害域にプロットされるものが、凝灰岩混合比を20%程度まで増加させると無害域に近い潜在的有害域に、50%では無害域にそれぞれプロットされ、ゼオライトによるアルカリシリカ反応抑制効果が認められた。

3-2 モルタルバー法の試験結果

各混合骨材試料を用いたモルタルバー供試体の膨張量は、図3に示すように、骨材Aのみでは材令3カ月で0.250%膨張したものが、凝灰岩を5%混合することにより約1/10の0.022%、凝灰岩を10~20%混合することにより約1/25の0.010%と凝灰岩比率を増やすことにより著しく低減し、ゼオライトによる膨張抑制効果が認められた。

4 考察

3-1項で述べたように、凝灰岩混合比の増加にともないNa⁺イオン濃度は低下する。このNa⁺イオン濃度低下

量を凝灰岩重量で除した値を求め、これをゼオライトによるNa⁺イオン捕捉量と考え、アルカリ濃度減少量、Na⁺イオン濃度減少量と共に表1に示した。Na⁺イオン捕捉量は含ゼオライト凝灰岩の陽イオン交換容量(含クリノプチロライト凝灰岩:113~149meq/100g,含モルデナイト凝灰岩:138meq/100g)とほぼ同様な値を示していることから、Na⁺イオン濃度の低下は凝灰岩に含まれているゼオライト鉱物のイオン交換作用によるものと考えられる。また、アルカリ濃度減少量とNa⁺イオン濃度減少量がほぼ同じ値であることから、アルカリ濃度減少量は反応生成物であるアルカリシリケートゲルのポリマー度よりもNa⁺イオン濃度の影響をより大きく受けていると考えられる。これは、骨材中のスメクタイトがNa⁺イオンをイオン交換し、それまで担持されていたCa⁺⁺イオンやMg⁺⁺イオンは溶液中に放出され水酸化物として沈澱する(宇野ほか⁴⁾)のと同様な反応が生じていると考えられる。

5 まとめ

アルカリシリカ反応に起因するコンクリートの膨張を抑制するため、アルカリシリカ反応性の高い骨材の一部を陽イオン交換能の大きいゼオライトを含む凝灰岩で置換し、その効果を検討し以下の結果を得た。

- 1)モルタルバー法では、凝灰岩混合比0%で膨張量0.250%(材令3カ月)のものが、混合比5%で約1/10の0.022%、混合比10~20%で約1/25の0.010%と凝灰岩比率を増やすことにより著しく低減し、ゼオライトによる膨張抑制効果が認められた。
- 2)これは化学法で試験した結果、ゼオライトにより溶液中のNa⁺イオンが捕捉されるためと考えられる。

引用文献

- 1)小野紘一・川村満紀・田村 博・中野錦一(1986) コンクリート構造物の耐久性シリーズ「アルカリ骨材反応」,岸谷孝一・西澤紀昭編.183p.,技報堂出版.
- 2)中野錦一(1986) アルカリ骨材反応の機構.セメント・コンクリート,473,20-28.
- 3)脇坂安彦・守屋 進(1988) 鉱物学的にみた岩石のアルカリ反応性.セメント・コンクリート,499,9-17.
- 4)宇野泰章・佐々木孝彦・立松英信(1992) コンクリート骨材中のスメクタイトーその骨材評価法との関係-.粘土科学,31,4,212-221.

表1. アルカリ濃度減少量, Na⁺イオン濃度減少量及びNa⁺イオン捕捉量の変化

骨 材	凝 灰 岩	RC (m mol/l)	RNa (m mol/l)	E _{Na} (meq/100g)
100	0	136	123	-
95	5	178	204	17.3
90	10	274	287	17.5
80	20	320	347	12.4
50	50	538	592	10.6
0	100	891	900	9.0

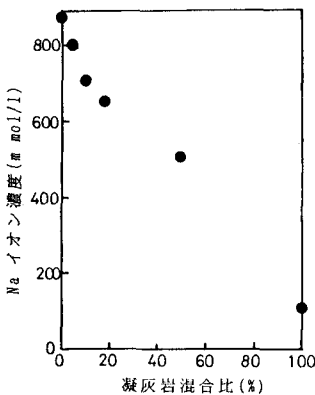


図1 Na⁺イオン濃度の変化

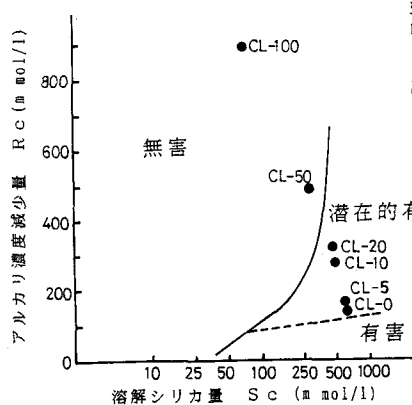


図2 化学法試験結果

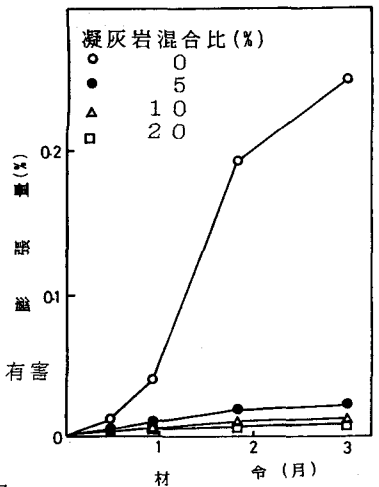


図3 モルタルバー法試験結果