

竹中技術研究所 正会員 ○篠崎征夫
 // 吉岡保彦
 // 神山行男

1. はじめに

ある種の骨材では、特に夏場のコンクリート打設にあたり過早凝結(コンクリート練り混ぜ後の凝結が早く打設に支障をきたす現象)の問題が生じることがある。これに対し種々の物理試験を始め、従来の報告にある凝結促進原因微量物質の混入の有無などについて検討したが、何ら原因となる手掛かりは得られなかった。そこで基本にたちかえり、セメントの凝結においてはペースト中のCa²⁺イオンが支配的であることに着目し、骨材のCa²⁺イオン吸着活性と凝結時間との関係について検討を試みた。その結果、いずれの骨材もCa²⁺イオン吸着活性の大きいことが判明すると共に、これらの間には極めて良い相関のあることが見出された。その検討結果について報告する。

2. 検討項目及び検討方法

2-1 骨材(A, B)の岩石種及び鉱物組成の検討

岩石種の鑑定は肉眼及び一部偏光顕微鏡観察により、鉱物組成の観察については、X線回折粉末法により同定した。

2-2 各骨材の表面活性度(Ca²⁺イオン吸着量)の検討

A骨材については、中鼎熱セメント飽和溶液及び水酸化カルシウム飽和溶液(いずれも上澄み液)を用い、骨材のCa²⁺イオン吸着量を測定した。なお、比較のために大井川砂(O砂)についても検討した。

B骨材については、①B骨材、②O砂、③O砂(90%) + クリノプチロライト(10%)混合の各骨材について石灰飽和溶液中のCa²⁺イオン吸着量を測定した。なお、クリノプチロライトとはイオン交換能を有する沸石の一種で、ここでは骨材のCa²⁺イオン吸着量を変える目的でO砂の一部を置きかえて使用した。

2-3 凝結試験

2-2の項に示す各骨材について、①各骨材そのままの凝結試験、②あらかじめCa²⁺イオン吸着処理を行なった骨材による凝結遅延効果の確認実験、③Ca²⁺イオン吸着量と凝結時間との相関関係などについて検討した。①、②の各骨材の石灰飽和溶液浸せきによるCa²⁺イオン吸着処理などの概要は結果の項に示す。また、凝結試験は、ASTM-C403-68(貫入抵抗によるコンクリートの凝結時間試験方法)に準拠して行なった。

3. 検討結果及び考察

3-1 骨材(A, B骨材)の岩石種及び鉱物組成の検討結果

A骨材は、鑑定及びX線回折、偏光顕微鏡観察の結果、輝緑凝灰岩あるいは凝灰質砂岩が母岩をなし、これ等がその後の変質作用を受けて一部粘土鉱物化している部分か認められた。骨材を構成する主鉱物は角閃石であった。B骨材は粗粒玄武岩を主岩石とし、玄武岩、火山礫凝灰岩などから構成されている。なお、X線回折の結果粘土鉱物、中でもモンモリロナイトの含有量の大きいのが特徴としてとらえられる。

表-1 本実験に使用したセメントの化学成分試験結果

化 学 成 分 (%)											構 成 化 合 物 (%)			
IL	Insoi	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Total	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ S	C ₁ Af		
04	0.1	23.3	4.0	4.1	63.9	1.4	1.7	98.9	45	4	33	12		

表-2 A骨材の化学分析結果

IL	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Cl	Ti	H ₂ O ₂	Na ₂ O	K ₂ O	Total
24	46.3	16.7	13.6	9.0	7.3	0	0	3.2	1.7	1.4	101.6	

表-3 凝結試験用供試体の配合及び試験結果

NO	温度 °C	骨材 の種類	水セメント 比 W/C (%)	砂比 S/C (%)	単位量(kg/m ³)		凝結時間 (h:c)	
					水	セメント	始発	終結
1	30	大井川	55.0	50.0	27	617	25:6	39:54
2	30	A骨材	55.0	50.0	23	642	25:3	48:50

表-4 コンクリートの配合条件及び単位量(B骨材)

配合	配 合 条 件					単 位 量 (kg/m ³)		
	最大骨材 寸法 cm	空気量 (%)	水セメント 比 (%)	骨材率 (%)	水セメント 比 (%)	骨材	骨材	No B
30	4.0	3.0	64.5	67.6	171	231	777	150

使用セメント; カイハツフライアッシュセメント
 環境条件; 夏川施工を考慮して30°Cの恒温室にて実施

A骨材(主岩石)

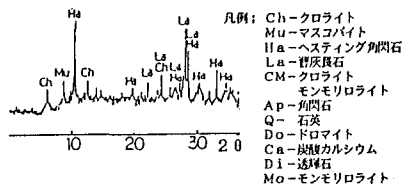


図-1 A探石場より採取した主な岩石のX線回折結果

B骨材

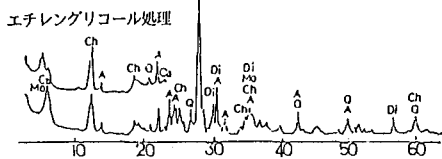


図-2 B骨材のX線回折結果

3-2 骨材の表面活性度（Ca²⁺イオン吸着量）の検討結果

A骨材についてCa²⁺イオン吸着量を検討した結果、表-5の結果にみられるように、大井川骨材（O砂）が0~5mg/10gに対し、A骨材では、18~35mg/10gと極めて大きいことが判明した。図-5には、振とう攪拌処理による、図-6には静置浸せき処理によるB骨材についてのCa²⁺イオン吸着量を示した。結果にみられるようにB骨材もA骨材同様Ca²⁺イオン吸着活性の大きい骨材であることを示している。なお、吸着量の順序は、B骨材>O砂（90%）+クリノプチロライト（10%）混合>O砂 となった。また、これらの結果からCa²⁺イオン吸着における振とう攪拌の効果が認められる。

3-3 凝結試験結果

図-7にA骨材の配合比率を変えたコンクリートの凝結試験結果を示した。Ca²⁺イオン吸着処理における凝結遅延の効果は、セメント-砂比が大きくなるほど著しく、セメント砂比が1:4では約1時間強の遅延の効果が認められる。B骨材については、図-8の結果にみられるように、凝結時間は、先の各骨材のCa²⁺イオン吸着量とよい対応を示している。図-8に示したB骨材をあらかじめCa²⁺イオン吸着処理した骨材による凝結試験の結果では、未処理の骨材に比べA骨材同様凝結遅延の傾向が認められる。しかしながら、その遅延の効果は、20~30分程度とあまり大きくない。これは静置浸せき処理のため、Ca²⁺イオン吸着処理の効果が小さいためと判断される。

なお、今回の一連の検討の結果、凝結の問題を除いてはコンクリートの強度などには何等問題はなかった。

4. まとめ

コンクリートの過早凝結の原因究明にあたり、骨材のCa²⁺イオン吸着活性と凝結時間との関係について検討した。その結果以下の事が明らかとなった。

- (1) 過早凝結の原因となった骨材は、Ca²⁺イオン吸着活性が通常の骨材に比べ極めて大きい。
- (2) 骨材のCa²⁺イオン吸着量とコンクリートの凝結時間との間には、良い相関が見られる。
- (3) あらかじめ骨材をCa²⁺イオン吸着処理した骨材では、コンクリートの凝結時間の遅延がみられる。
- (4) 石灰飽和溶液（上澄み液）を用いた本報告中の試験方法によれば、過早凝結を起こしたA骨材、B骨材 いずれも300ppm/10gを境として吸着量は大きい。

表-5 A骨材のCa²⁺イオン吸着量 (ppm)

	pH			Ca ²⁺ 濃度			骨材のCa ²⁺ 吸着量		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
中熱セメント ろ液 ①	126	129	128	656	1010	738			
①+A骨材 ろ液 ②	127	127	129	476	639 721		180	289 371	
①+O砂 ろ液 ③	128		128	666		684 687	0		51 54

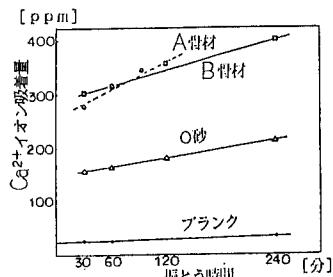


図-5 各骨材の経時にもなるCa²⁺イオン吸着量

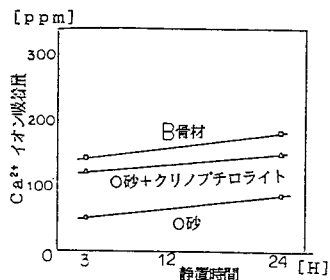


図-6 各骨材の石灰飽和溶液浸漬処理によるCa²⁺イオン吸着量

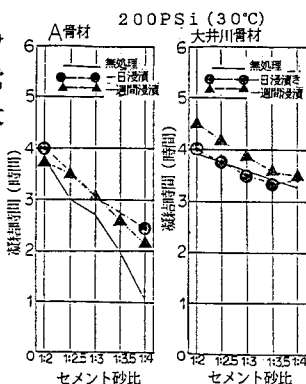


図-7 A骨材の凝結試験結果

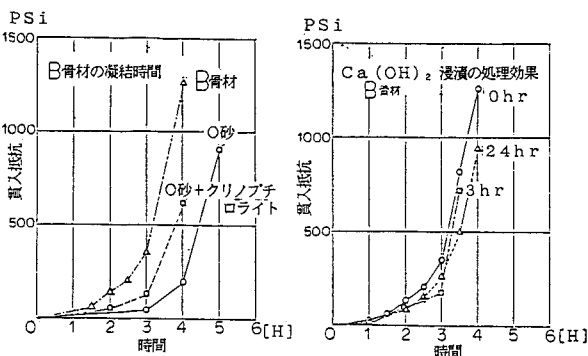


図-8 B骨材及びその他の骨材による凝結試験結果

参考文献；1）篠崎、神山；第7回土木学会関東支部年次研究発表会講演機集、P. 173（1980）

2）田沢；コンクリートジャーナル、Vol.14, No.8, P. 21（1966）