

秋田高専 正会員 ○桜田 良治
 日本セメント 正会員 下山 善秀
 秋田ニチレキ 佐藤 満

1. はじめに

コンクリート構造物の塩害に対する耐久性の向上を図るためには、コンクリート自体の水密性の向上や乾燥収縮等に伴うマイクロクラックの発生をできるだけ小さく抑えることが必要となる。この乾燥時でのマイクロクラックの発生には、使用する骨材の特性の違いも関与してくる。そこで本研究では、粗骨材の岩種の違いが、温度履歴を受けたコンクリートの塩素イオン浸透に及ぼす影響について、普通骨材としての安山岩砕石と骨材界面の表面活性が期待できる石灰岩砕石を比較検討した。

2. 使用材料および実験方法

使用したセメントは普通ポルトランドセメント（比重3.16，比表面積3,308cm²/g）で，粗骨材としては，秋田県仙北郡産の安山岩砕石と北海道上磯郡美朗鉱山産の石灰岩砕石を使用した。両骨材の粒度を最大寸法15mm，粗粒率が6.56になるように調整した。細骨材は，秋田県能代市産の山砂（比重2.54，吸水率3.3%）を使用した。表-1の配合で作製したφ10×20cmの供試体を28日間水中養生の後，30℃，50℃，110℃で28日間乾燥させ，その時の重量変化ならびに乾燥後の強度特性（圧縮，引張）を調べた。塩分浸透試験としては，10×10×40cmの角柱供試体を28日間水中養生させた後，上記の温度条件で28日間乾燥させた。この供試体の側面（浸透面2面を除く）をエポキシ樹脂でシールし，NaCl 3%溶液に28日間浸漬させた後に，硝酸銀滴定法（日本コンクリート工学協会）により塩素イオンの定量を行った。

両骨材の物理特性を表-2に示す。比重や単位容積重量は両骨材ともほぼ同じであるが，すりへり減量は石灰岩の方が大きい。また，骨材中の含有鉱物をX線回折試験により調べた結果（図-1），安山岩砕石の主要鉱物は石英と曹長石であり，石灰岩砕石はその成分の殆どがカルサイトで，他に若干のドロマイト成分が認められる。

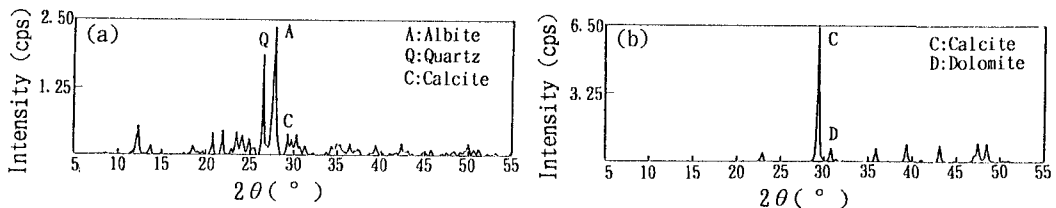
Table - 1 Mix proportion (kg/m³)

W/C	W	C	S	G	AE *1 (%)	Slump (cm)
0.60	170	283	800	959	C×1.0	8.0

*1:AE Water Reducing Agent

Table - 2 Physical properties of coarse aggregates

Kinds	Specific gravity	Absorption (%)	Wt. of unit volume(kg/l)	Abrasion (%)
Andesite	2.68	0.902	1.593	11.8
Limestone	2.71	0.391	1.600	22.7

Fig. 1 X-ray diffraction pattern of coarse aggregates
(a) Andesite, (b) Limestone

キーワード：石灰岩，塩分浸透，遷移帯

〒011 秋田市飯島文京町1-1

TEL 0188-45-2151

FAX 0188-57-3191

〒100 東京都千代田区大手町1-6-1

TEL 03-3211-1625

FAX 03-3211-1624

3. 結果及び考察

材齢に伴うコンクリート強度の変化は、圧縮強度及び引張強度とも石灰岩碎石を用いた方が安山岩碎石よりも大きく、骨材界面組織の緻密化が強度に影響を及ぼしていると考えられる（図-2, 3）。このような特性をもつコンクリートが、乾燥時の温度履歴を受けた場合の重量の変化と圧縮強度の特性を図-4, 5に示す。図-4より、いずれの乾燥温度においても、乾燥時の重量の減少率は石灰岩碎石コンクリートの方が小さい。乾燥後の圧縮強度は（図-5）、乾燥温度が上がるにつれて低下するが、その低下の度合いは各温度とも石灰岩碎石を用いた方が小さい。すなわち、乾燥に伴う収縮やマイクロクラックの発生などに対しては、石灰岩碎石の方が普通骨材としての安山岩碎石よりも安定していることを示唆している。

そこで、温度履歴を受けたコンクリートにおける塩素イオン（対モルタル重量%）の浸透特性を図-6に示した。コンクリート中の塩素イオン量は、乾燥温度が上がるにつれて多くなり、特に110℃の高温度履歴を受けた場合には、殆ど深さ方向での減少は認められない。これには、塩分の浸透機構として、塩分の拡散に加えて浸透水の移流による影響が大きくなったためと考えられる。一方、岩種別では、石灰岩碎石を用いたコンクリートは安山岩碎石を用いたものに比べて浸透する塩素イオン量が少なく、骨材界面での遷移帯組織の違い等が塩素イオンの浸透に影響を及ぼしていることが示された。

次に、実際の施工時に想定される環境温度での（30℃, 50℃）実験結果を、Fickの一次元拡散方程式による理論値と比較した（図-7）。その結果、両骨材とも乾燥に伴う塩分浸透は見かけの拡散係数 D_c である程度説明できるとともに、 D_c の値は、石灰岩碎石の方が安山岩碎石より小さい値を示すことが判明した。これらのことから、コンクリートの塩分浸透には粗骨材の表面活性状態が関与し、特にセメントペーストとの反応性が期待できる石灰岩碎石では、骨材の界面組織構造の違いが少なからず影響を及ぼすことが判明した。

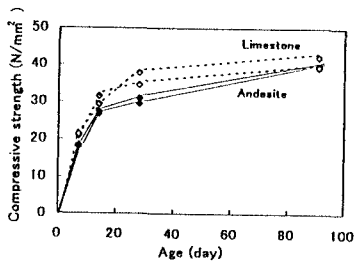


Fig. 2 Compressive strength

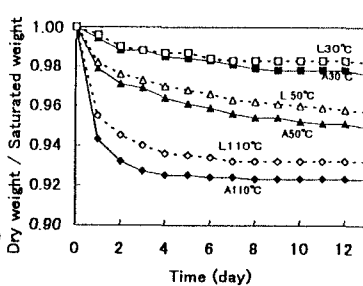


Fig. 4 Concrete drying curves

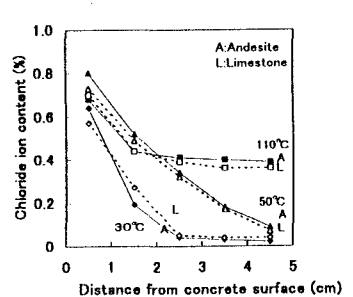


Fig. 6 Chloride ion content

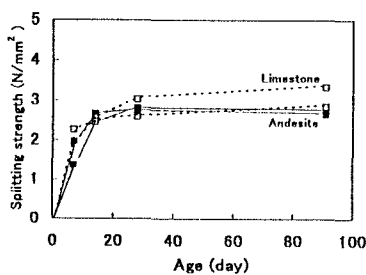


Fig. 3 Splitting tensile strength

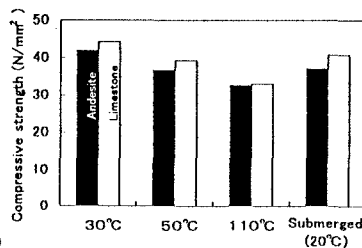


Fig. 5 Compressive strength vs. drying temperature

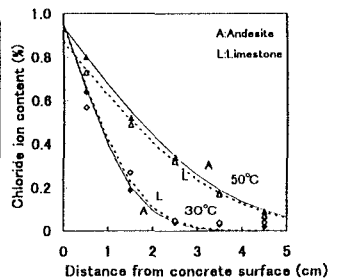


Fig. 7 Comparison of experimental results with theoretical results