

セメントクリンカー骨材を用いたモルタルの塩化物イオン浸透抵抗性

東北大学 学生会員 ○ 稲田 晴香

東北大学 正会員 宮本 慎太郎, 皆川 浩, 久田 真

1. はじめに

コンクリートにセメントクリンカー骨材（以下、クリンカー骨材）を用いた場合、既往の研究¹⁾からひび割れ閉塞の効果が報告されており、有害物質の安定化処理などに期待できる。さらに、クリンカー骨材の使用により骨材界面の遷移帯の緻密化なども期待でき、さらなる物質移動抵抗性の向上につながる可能性がある。本研究では、クリンカー骨材を用いたモルタルの物質移動抵抗性の評価の一つとして、塩化物イオン浸透抵抗性の評価を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料と配合

研究用普通ポルトランドセメント（N，密度：3.16 g/cm³，ブレン値：3310 cm²/g），セメントクリンカー（空隙率：約21%），普通細骨材（絶乾密度：2.54 g/cm³，吸水率：2.06%，空隙率：約5%）を用いて水セメント比50%，セメント細骨材比2.0のモルタルを作製した。細骨材の種類は，(1) 細骨材の一つの粒度を同粒度のクリンカー骨材で質量置換，(2) 細骨材としてクリンカー骨材のみ使用，(3) 細骨材として普通細骨材のみ使用とし，合計8水準とした。各水準の配合を表-1に示す。なお，細骨材はJIS A 5031に準拠した粒度とした。

2.2.1 クリンカー骨材の前処理

粒径が0.15 mm以上のクリンカー骨材をCa(OH)₂：310 mmol/L，NaOH：0.5 mmol/Lの混合溶液中で攪拌浸せきしてエイジング処理を施した。攪拌浸せき時間は，粒径が0.6 mm以上のものは168時間，粒径が0.15～0.6 mmのものは2時間とした。

2.2.2 供試体の作製

本研究では，JIS A 5201に準拠してモルタルを練り混ぜ，内寸法φ50×100 mmの円柱型枠に打ち込み，24±2時間で脱型した。その後，Ca(OH)₂飽和溶液中で28日間，56日間の水中養生を施した。

表-1 本研究で使した配合と材齢等

	W/C	S/C	S-clinker / S (%)	試験材齢 (日)	透過までの期間 (日)
C(0.00-0.15)	0.5	2	7.0	43～70	8
C(0.15-0.30)			11.5		0
C(0.30-0.60)			22.5		8
C(0.60-1.20)			28.0		0
C(1.20-2.50)			21.0		0
C(2.50-5.00)			10.0		3
N			0.0		0
C(all)			100.0		13

2.3 測定項目

材齢28，56日の供試体は，水銀圧入式ポロシメータ（以下，MIP）にて空隙率を測定した。また，材齢28日の供試体よりセル用供試体を作製し，拡散セル試験を行った。

MIP用試料は，φ50×25 mmの円柱供試体を約5 mm角に加工したものを使用した。拡散セル試験は既報²⁾と同様の装置を使用し，供試体厚さは5 mm，作用溶液は0.4 mol/LのNaCl溶液，試験期間は28日間とした。また，本研究では，2つのセル用供試体を用いたが，供試体は厚さが薄いため，ひび割れ等の影響を強く受ける。そのため，2つのセル用供試体の塩化物イオン実効拡散係数（以下，CI実効拡散係数）の差が，両方で比較して10%以上大きいものについては異常値であると判断し除外した。

3. 実験結果および考察

図-1に，各水準のCI実効拡散係数を示す。図-1より，普通骨材をクリンカー骨材で置換すると，いずれの粒度を置換した場合においても，CI実効拡散係数が小さくなることが確認できた。また，任意の範囲の粒度をクリンカー骨材で置換した水準同士を比較すると，概ね同程度であった。さらには，最もCI実効拡散係数が小さくなったのは，クリンカー骨材のみを使用したC(all)で，Nと比較して90.7%小さくなることを確認した。

図-2～4に材齢28・56日での空隙率，材齢28・

キーワード セメントクリンカー，骨材，塩化物イオン実効拡散係数，空隙率

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 東北大学大学院土木工学専攻 TEL 022-795-7427

56 日での内川らが報告している遷移帯の代表径である $0.05 \sim 2 \mu\text{m}$ の空隙率³⁾, Cl^- 実効拡散係数と材齢 28 日から 56 日での空隙径 $0.05 \sim 2 \mu\text{m}$ の空隙率の減少率の関係を示す。図-2 より, クリンカー骨材を使用したモルタルは, 普通骨材のみを使用した N と比較して, 空隙率が大きくなる傾向が確認できた。他方で, クリンカー骨材は普通骨材と比較して空隙率が大きいことから, クリンカー骨材の置換による空隙率の増加は, クリンカー骨材中の空隙によるものと考えられる。次に, 図-3 に着目すると, クリンカー骨材を使用した水準では, 普通骨材のみを使用した N と比較して $0.05 \sim 2 \mu\text{m}$ の空隙率が大きくなる傾向が確認できた。一方で, 図-4 より, 材齢 28 日から 56 日にかけての $0.05 \sim 2 \mu\text{m}$ の範囲の空隙率の減少率は, クリンカー骨材を使用した水準の方が普通骨材のみを使用した N と比較して大きくなる傾向が確認できた。以上より, クリンカー骨材を使用した水準で, Cl^- 実効拡散係数が小さくなった要因として, クリンカー骨材の水和反応による骨材表面や遷移帯の緻密化が考えられる。また, クリンカー骨材の水和に伴う事実上の水セメント比の低減やアルミネート系水和物の増加に伴った塩化物イオンの固定化量の増加等の可能性も挙げられる。さらには, クリンカー骨材自身の空隙の Cl^- 実効拡散係数に及ぼす影響は小さいと考えられる。

4. 結論

普通骨材をクリンカー骨材に置換することで, 置換する体積や粒度に依存せず本研究の範囲では, モルタルの Cl^- 実効拡散係数が小さくなることがわかった。さらに, クリンカー骨材で全量置換した場合には Cl^- 実効拡散係数が最も小さくなった。

謝辞

本研究の一部は, 一般社団法人セメント協会の研究奨励金を基に実施した。また, 本研究で利用したセメントクリンカーは太平洋セメント(株)より提供いただいた。ここに記して, 感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 星山仁篤ほか: クリンカー骨材を用いたコンクリートの自己治癒性に関する実験的研究, 第 66 回セメント技術大会講演要旨, pp.170-171, 2012

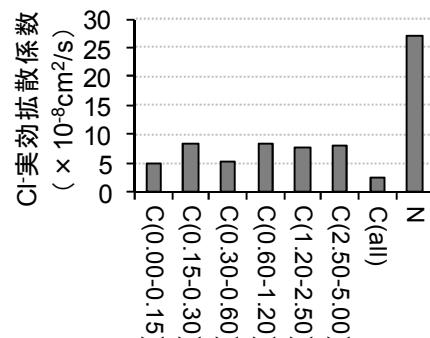


図-1 各水準の Cl^- 実効拡散係数

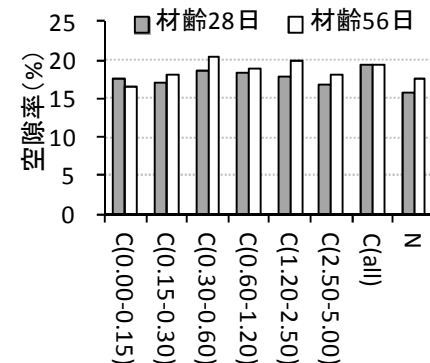


図-2 材齢 28・56 日での空隙率

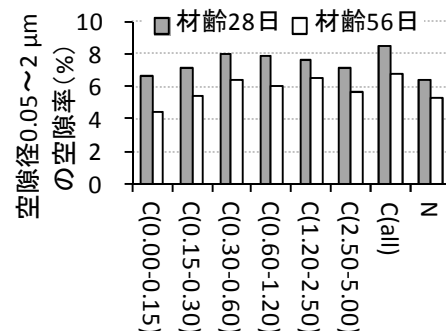


図-3 材齢 28・56 日での空隙径 $0.05 \sim 2 \mu\text{m}$ の空隙率

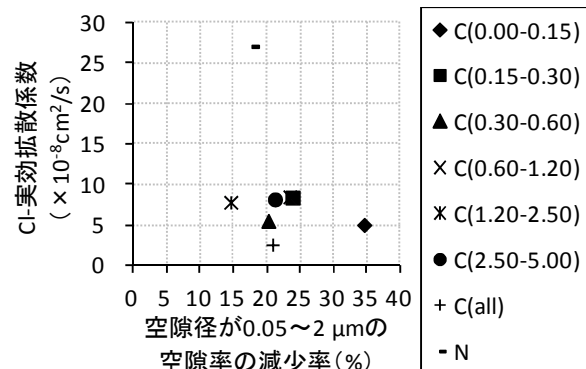


図-4 Cl^- 実効拡散係数と材齢 28 日から 56 日での空隙径 $0.05 \sim 2 \mu\text{m}$ の空隙率の減少率の関係

- 2) 井坂恵実ほか: 化学的侵食に伴うセメント水和物の変質および空隙構造の変化がセメント硬化体の実効拡散係数に及ぼす影響, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, Vol.13, No.1, pp. 49-56, 2013
- 3) 内川浩ほか: 硬化モルタル及びコンクリート中の遷移帯厚さの評価並びに遷移帯厚さと強度との関係の検討, コンクリート工学論文集, Vol. 4, No. 2, pp. 1-8, 1993