

八戸工業大学 学生員 ○ 佐藤 直也
 八戸工業大学 正会員 阿波 稔
 八戸工業大学 正会員 庄谷 征美
 住金鉱業(株) 成田 茂

1. まえがき

近年、良質なコンクリート用骨材として石灰石の利用が増大している。また、石灰石を骨材として用いると骨材とセメントペーストとの間で反応が起こることはよく知られており、これによって骨材とセメントペーストとの付着性能が改善され、品質的に好結果が得られると言われている。しかしながら、石灰石を海洋コンクリート用の骨材として用いた場合、骨材中からカルシウムイオンの溶出が懸念され、さらに耐磨耗性などの耐久性に関して幾つかの問題点が指摘されている。そこで、本研究は八戸産石灰石を用いたコンクリートのカルシウムイオンの溶出性状や耐磨耗性も含めた物理的性質などについて二、三の検討を加えたものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

試験に用いたセメントは、普通ポルトランドセメント、フライアッシュセメントB種および高炉セメントB種の3種類である。細骨材には、天然砂(比重 2.61、F.M 2.38、吸水率 0.90)、石灰岩砕砂(比重 2.51、F.M 3.17、吸水率 2.07)の2種類、粗骨材には、最大寸法の異なる石灰岩碎石(比重 2.71、F.M 7.49、吸水率 0.21)および輝緑岩碎石(比重 2.90、F.M 7.20、吸水率 0.91)を用いた。コンクリートの配合は表-1に示したセメント、骨材および水セメント比の組合せ変化させた22ケースとした。また、コンクリートの目標スランブは8cm、目標空気量は5%とした。

表-1 使用材料および配合の概要

W/C	セメント	Gmax (mm)	粗骨材	細骨材
45	普通(N)	20	石灰岩碎石(L)	石灰岩砕砂(S)
55	高炉(B)	25		
65	フライアッシュ(F)	40	輝緑岩碎石(K)	天然砂(n)

2.2 実験方法

圧縮強度試験および引張強度試験は、材齢28日において寸法φ100×200mmの円柱供試体を用い、JIS A 1108 および JIS A 1113 に従って行った。カルシウムイオン溶出試験は、寸法100×100×400mmの供試体を用い、材齢28日より開始した。試験は、海水を想定したNaCl 3%の水溶液中で実施し、コンクリート中からのCa²⁺イオンの溶出状況を調べた。試験期間中供試体は、NaCl 溶液に浸漬させた状態で20℃の恒温中に静置した。Ca²⁺イオンの溶出は、水溶液のpHの変化を測定することによって検討した。

耐磨耗性試験は、寸法φ150×50mmの供試体を使用した。試験は、水中において8個の鋼球を鉛直方向から落下させ(60分間)、その衝撃作用によってコンクリート表面を磨耗させる疲労磨耗試験を用いた。そして、試験開始前と終了後における供試体の質量とレーザーにより測定した表面形状より、その磨耗質量と磨耗面積を算出した。

粗骨材界面の遷移帯性状は、微小硬度計によるピッカース硬さを指標として調べた。測定は、打設方向と垂直な方向に骨材界面を選定し、粗骨材端から10μm間隔で200μmまでピッカース硬さ値を測定した。そして、バルク部のピッカース硬さより低い領域を計測し、遷移帯厚さとした。

3. 実験結果および考察

3.1 強度特性

材齢28日における圧縮強度は、使用骨材の種別で比較すると何れのシリーズにおいても石灰岩、特に石

灰岩砕砂を用いたケースにおいて天然砂を使用した場合と比べ、12~25%程度増加する傾向にある(表-2) なお、コンクリートの材齢 28 日引張強度の結果も圧縮強度の場合とほぼ同様な傾向にあることが分かる。 以上の結果から、石灰石、特にその砕砂の使用によりコンクリート強度の改善が図られるものと考えられる。

3.2 カルシウムイオン溶出性状

図-1は、コンクリートのカルシウムイオン溶出試験結果の一例を示したものである。この図より何れの配合においても、浸漬開始2日から3日間はpHが12程度まで急激に増大し、それ以降はpHの増加率が極めて小さくなる傾向にあることが見られる。また、使用骨材である石灰岩砕砂、天然砂、石灰岩砕砂および輝緑岩砕砂の種類や組合せ、粗骨材の最大寸法が異なっても、NaCl 3%の水溶液中におけるpHの変化の大きな違いは見られない。これらの結果より、本試験で使用した石灰岩がコンクリートのカルシウムイオン溶出性状に及ぼす影響は極めて小さいものと推察される。

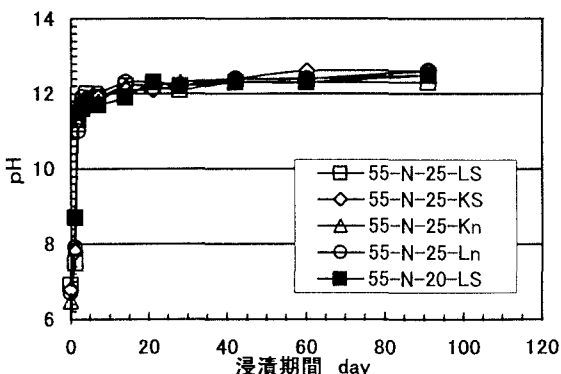


図-1 pHと浸漬期間との関係 (W/C=55%)

3.3 耐磨耗性状

コンクリートの耐磨耗性状は、同一の水セメント比 (55%) および粗骨材を用いたケースで比べると、石灰岩砕砂を用いた場合、天然砂を用いた場合より、石灰岩砕砂のケースで約 22%、輝緑岩砕砂のケースで約 30%、磨耗によって失われる供試体の面積が減少し、耐磨耗性が向上する傾向にある(表-2)。また、同一の細骨材を使用したケースで比較すると、石灰岩砕砂を用いた場合に輝緑岩砕砂を用いた場合よりも十数%程度磨耗損失による平均面積が増加する傾向にはあるが、石灰石粗骨材自身の耐磨耗性は十分に確保されていることが確認されており、コンクリートとしての耐磨耗性も十分期待できる範囲であると考えられる。

3.4 遷移帯性状

表-2 に供試体の打設面より、20mm、50mm、80mm の位置において測定された遷移帯厚さを平均化した、平均遷移帯厚さも示した。これらの結果より、石灰石砕砂を用いた場合は天然砂を用いた場合と比べて平均遷移帯厚さが 10~20 μm 程度小さくなる

表-2 試験結果の一覧(W/C 55%のケース)

	圧縮強度 $f_c(\text{N}/\text{mm}^2)$	引張強度 $f_t(\text{N}/\text{mm}^2)$	磨耗面積 (mm^2)	磨耗質量 (mm^2)	平均遷移帯厚さ (μm)
55-N-25-LS	34.4	2.95	130.5	21.5	90.0
55-N-25-KS	35.3	3.15	107.1	17.3	78.3
55-N-25-KN	28.0	2.59	156.8	22.7	98.3
55-N-25-LN	27.8	2.56	166.4	25.1	100.0
55-F-25-LS	24.6	2.36	147.3	21.2	95.0
55-B-25-LS	31.6	2.66	159.1	21.8	91.7
55-N-20-LS	31.2	2.99	163.2	23.2	80.0

傾向が見られる。これは、0.015mm 以下の微粒分を多く含む石灰岩砕砂を用いたことにより、骨材界面でセメント水和物との反応性が増したことや、その微粒分が水分を拘束しフレッシュコンクリート中で粗骨材界面へ移動する自由水を減少させたためであると思われる。このことは、特に石灰岩砕砂を用いた場合に、コンクリートの強度の増加、耐磨耗性が向上したことと関連があるものと考えられる。

4. まとめ

八戸産石灰石を用いたコンクリートの基本的品質について調べた。本実験の範囲内で以下のようなことが言える。石灰岩、特にその砕砂の適切な利用は、コンクリートの強度や、耐磨耗性を向上させ、骨材界面の遷移帯を改善する上でも有効であることが分かった。また、石灰岩中からの Ca^{2+} イオンの溶出は極めて少ないものと判断される。