

細・粗骨材に石灰石を用いたコンクリートのフレッシュ性状と硬化後の物性

鳥取大学大学院 学生会員 ○田中 智基 鳥取大学 フェロー 井上 正一
鳥取大学 正会員 吉野 公 (株) 大本組 正会員 金子 泰治
(財) 鳥取県建設技術センター 法人会員 松井 信作

1. はじめに

中国地方，特に鳥取県においては良質なコンクリート用骨材の確保が難しく，石灰石骨材への転用が検討されている。そこで，ここでは，コンクリート用骨材として石灰石骨材を用い，細・粗骨材とも石灰石を用いたコンクリートと粗骨材にのみ石灰石を用いたコンクリートに対して，その配合設計，配合設計に基づいて製造されたコンクリートのフレッシュ性状，および強度と乾燥収縮を含めた硬化後の物性を普通コンクリートとの比較の上で検討した結果を述べる。

2. 実験概要

セメントには高炉セメント B 種（密度 3.04g/cm^3 ）を，化学混和剤には AE 減水剤と AE 助剤を使用した。骨材には，細・粗骨材ともに

石灰石を用いたもの（LL），細骨材には普通砂を用い粗骨材にのみ石灰石を用いるもの（NL），細・粗骨材に普通砂と普通碎石を用いるもの（NN）を実験要因として選定した。なお，搬入された石灰石粗骨材の微粒分量は 3.9%であったが，この石灰石粗骨材を水洗して微粒分量を 0 %とした石灰

石粗骨材（NL0 等と標記）についても試験に供した。コンクリートの配合条件は，スランプ $8\pm 1.5\text{cm}$ ，空気量 $4.5\pm 1.5\%$ で，s/a は予備試験によって求めた最適 s/a を用い，試練りによって示方配合を決定した。試験は，フレッシュコンクリートでは，スランプおよび空気量の経時変化，凝結時間，ブリーディングを，硬化コンクリートでは，圧縮強度，乾燥収縮を，測定した。乾燥収縮は， $10\times 10\times 40\text{cm}$ の角柱供試体を用い，材齢 2 日より恒温室（ 20°C ，R.H.60%）で測定を開始した。

3. 実験結果

3.1 石灰石骨材の物理的性質（表－2）

搬入された石灰石の細，粗骨材の絶乾密度，吸水率，実積率はともに JIS の品質規格を満たしている。なお，JIS における碎石の微粒分量は，実積率が 58%以上の場合には 5.0%まで増やせることが明記されており，石灰石粗骨材の微粒分量 3.9%はこの規格範囲内にあるといえる。石灰石粗骨材の BS400kN 破砕値は普通碎石のそれよりも 2.5 倍程度大きく，もろいことがわかる。また，石灰石微粒分の比表面積は約 $5500\text{cm}^2/\text{g}$ であった。

3.2 コンクリートの配合

最適 s/a を決定するために，W を一定として s/a のみを変化させた場合に得られたスランプの一例を図－1，

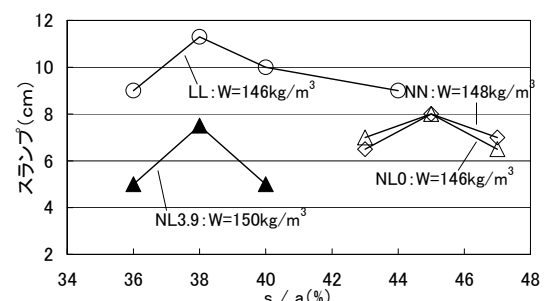
表－1 実験要因

要因	水準
細骨材の種類	普通砂，石灰石砕砂
粗骨材の種類	普通碎石，石灰石碎石
水セメント比(%)	45, 55, 65
石灰石微粒分量(%)	0, 3.9

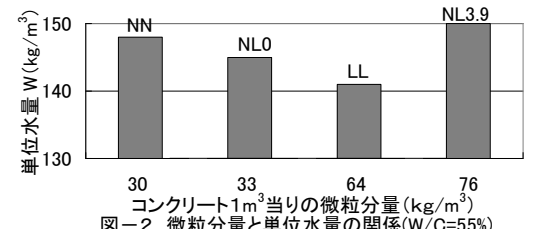
表－2 骨材の物理的性質試験結果(破砕値：BS400kN 破砕値)

骨材	種類	物性値						
		表乾密度 (g/cm^3)	絶乾密度 (g/cm^3)	吸水率 (%)	F. M.	実積率 (%)	破砕値 (%)	微粒分量 (%)
粗骨材	石灰石	2.68	2.67	0.60	6.35	58.7	23.7	3.9
	普通	2.75	2.73	0.61	6.79	57.5	9.7	0.0
細骨材	石灰石	2.69	2.68	0.61	2.45	56.1	—	2.2
	普通*1	2.67	2.64	1.36	2.76	57.0	—	3.9
碎石の品質規格*2		—	≥ 2.50	≤ 3.0	—	≥ 56	—	≤ 3.0
砕砂の品質規格*2		—	≥ 2.50	≤ 3.5	—	≥ 54	—	≤ 9.0

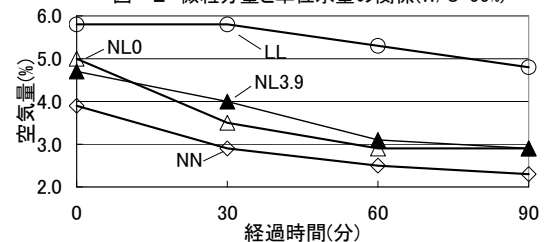
*1: 普通砂は陸砂と細砂の混合砂 *2: JIS A 5005



図－1 最適細骨材率



図－2 微粒分量と単位水量の関係(W/C=55%)



図－3 空気量の経時変化(W/C=55%)

s/a は最適 s/a とし、所要のスランプ (8±1.5cm) を得るために必要な単位水量と微粒分量との関係を図-2 に示す。図-1 における NN, NL0 と NL, LL の比較より、最適 s/a は石灰石微粒分を含むと小さくなること、単位水量は、石灰石粗骨材を用いることによって NN よりも減少するが、微粒分量が多くなると NN と同程度まで増加すること (NL)、さらに、細・粗骨材に石灰石を用いると NN や粗骨材のみに石灰石を用いた場合よりも低減できること、がわかる。

3.3 コンクリートのフレッシュ性状

1) 経時変化 W/C=55%のコンクリートにおける空気量ないしはスランプの経時変化を図-3, 図-4 に示す。空気量の経時変化は、LL でやや小さいがそれ以外の骨材ではほぼ等しく、90 分後の空気量のロス は 1.6~2.1% であった。また、スランプの経時変化は、60 分後の NN の値を除けば全ての配合においてほぼ等しいといえる。これらの結果より、石灰石微粒分量が 4% 程度までであれば、石灰石を粗骨材のみに用いても、細・粗の両骨材に用いても、石灰石の使用が空気量やスランプの経時変化に及ぼす影響はなく、NN と同等の挙動をするといえる。

2) ブリーディング 図-5 より、LL, NN, NL0 のブリーディング率およびブリーディング終了時間にはほとんど差がなかった。なお、NL0 から NL へと微粒分量が増加するとブリーディング率は減少し、ブリーディング終了時間は短くなった。

3) 凝結時間 凝結試験の結果 (図-6 に) より、石灰石骨材を使用した場合の凝結時間は、微粒分量が異なっても、始発、終結ともに NN のそれと相違がなかった。

3.3 硬化コンクリートの物性

1) 圧縮強度 W/C=55%とした配合における材齢と圧縮強度との関係を図-7 に示す。石灰石骨材を使用することによって早期強度は高くなるが、28 日以降の強度増加は NN に比べ小さい。また、NL では、石灰石微粒分量の増加に伴い強度増加が見られた。なお、LL では、28 日以降の強度増加は期待しにくいといえる。

図-8 およびより、NL, LL の回帰式の傾きは同程度であったことに対し、NN では NL, LL のそれよりも傾きが緩やかとなり、石灰石骨材を使用することによりセメント水比の増加に伴う圧縮強度の増加の程度は普通骨材を使用した場合よりも大きくなった。

2) 乾燥収縮 乾燥収縮試験の結果を示した図-9 より、石灰石骨材を使用すると乾燥収縮は NN のそれよりも小さくなること、NL においては石灰石微粒分量が増加すると乾燥収縮が小さくなること、LL は NL, NN よりも乾燥収縮が小さく、石灰石細骨材にも乾燥収縮を低減させる効果があること、がわかる。

4. まとめ 石灰石粗骨材に含まれる微粒分量が 4% 程度以下であれば、石灰石を細・粗の両骨材に用いても、コンクリートのフレッシュ性状に悪影響を与えることはなく、硬化コンクリートにおいては、初期強度の増進、乾燥収縮の低減が期待できる。

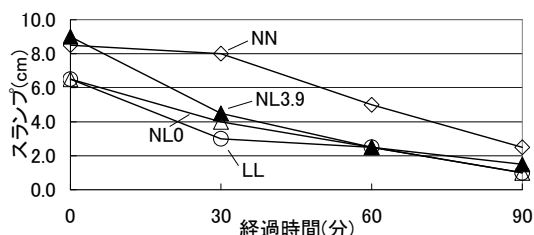


図-4 スランプの経時変化 (W/C=55%)

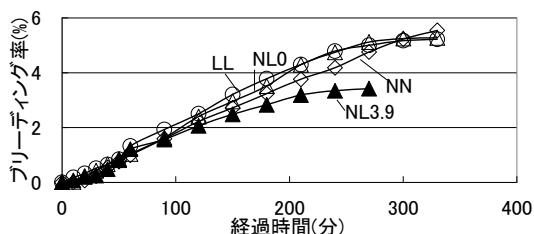


図-5 ブリーディング試験 (W/C=55%)

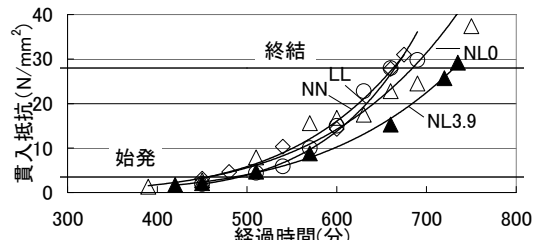


図-6 凝結時間試験 (W/C=55%)

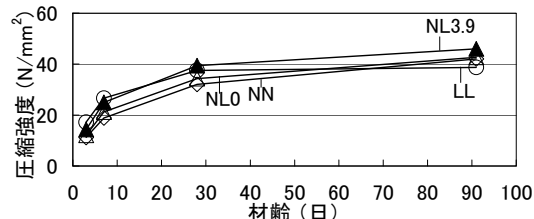


図-7 材齢と圧縮強度の関係 (W/C=55%)

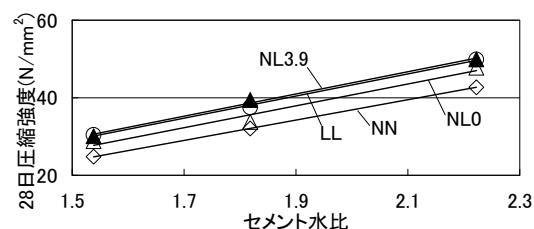


図-8 セメント水比と圧縮強度の関係

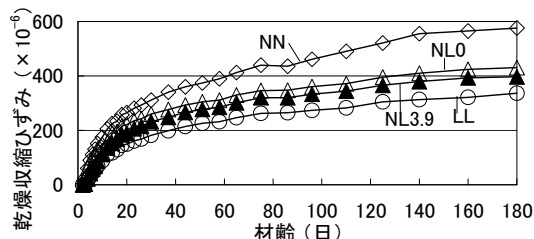


図-9 乾燥収縮 (W/C=55%)