

微粒分が多い石灰石骨材を用いたコンクリートの配合に関する一考察

鳥取大学大学院 正会員 ○大西 利勝
東亜非破壊検査(株) 正会員 高品 慎之
(株)長大 正会員 小橋 由佳
鳥取大学 フェロー会員 井上 正一

1. はじめに

乾燥収縮あるいはアルカリ骨材反応問題に対処するため、石灰石骨材を使用する生コン工場が増えている。また、石灰石骨材は磨砕され易く輸送工程で微粒分量が多くなる性質があり、中国地区の生コン工場を対象に調査した結果によると、石灰石砕砂の微粒分量が最大 24.6%にも達していた。そこで、本研究では、JIS の上限値をはるかに超える微粒分量の石灰石骨材を用いたコンクリートを対象とし、配合とフレッシュ性状に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

2. 実験概要

2.1 使用材料

表-1 に、使用材料の種類、物理的性質等を示す。

2.2 コンクリートの種類と配合

表-2 に、コンクリートの種類と骨材の組合せを示す。コンクリートの種類は、粗・細骨材ともに普通骨材を使用した N コンクリート（以下 N と表記）、細骨材に普通砂を粗骨材に石灰石を用いた NL コンクリート（以下 NL と表記）、粗・細骨材とも石灰石を用いた LL コンクリート（以下 LL と表記）の 3 種類とした。

2.3 配合条件

水セメント比は 45, 55, 65% の 3 水準（ただし、NL16 は 55% のみ）とし、スランプは $8.0 \pm 1.5 \text{ cm}$ 、空気量は $4.5 \pm 0.5\%$ とした。なお、細骨材率は後述の 3.1 項で決定した最適細骨材率を用い、AE 減水剤量は全配合において一定（単位セメント量 $\times 0.25\%$ ）とした。

3. 実験結果および考察

3.1 石灰石骨材中の微粒分量が配合に及ぼす影響

(1) 最適細骨材率（最適 s/a）

図-1 に、単位水量を一定、水セメント比 55%、スランプ $8.0 \pm 1.5 \text{ cm}$ 、空気量 $4.5 \pm 0.5\%$ のもとで、s/a のみを変化させた場合に得られるスランプを示す。いずれのコンクリートにおいてもスランプと s/a との関係は上に凸な形状を呈し、同一単位水量に対してスランプが最大となる最適 s/a が存在することがわかる。

以下においては、任意の W/C における最適 s/a は

表-1 使用材料

材料	種類・産地・物理的性質・主成分
セメント	高炉セメント B 種 (密度: 3.04 g/cm^3)
細骨材	Y 県産石灰石砕砂 (表乾密度: 2.68 g/cm^3 , 微粒分量: 2.2%, F.M.: 2.88) 普通砂: 陸砂と砕砂の混合砂 (表乾密度: 2.67 g/cm^3 , 微粒分量: 3.9%, F.M.: 2.51)
粗骨材	Y 県産石灰石砕石 (表乾密度: 2.68 g/cm^3 , 微粒分量: 2.6%, F.M.: 6.41) 普通砕石: 安山岩砕石 (表乾密度: 2.75 g/cm^3 , 微粒分量: 0.0%, F.M.: 6.79)
微粒分量調整用粉体	O 社製石灰石微粉末 (粉末度 $5098 \text{ cm}^2/\text{g}$)
化学混和剤	AE 減水剤 (リグニンスルホン酸系) AE 助剤 (アルキルエーテル系)

表-2 骨材の組合せ

コンクリートの種類	記号	骨材種類・微粒分量	
		細骨材	粗骨材
N コンクリート	N		普通砕石 0%
NL コンクリート	NL3	普通砂 3.9%	2.6%
	NL7		石灰砕石 7.0%
	NL12		12.0%
	NL16		16.0%
LL コンクリート	LL0	石灰砕砂 2.2%	2.6%
	LL1	9.0%	石灰砕石 5.0%
	LL2	18.0%	10.0%

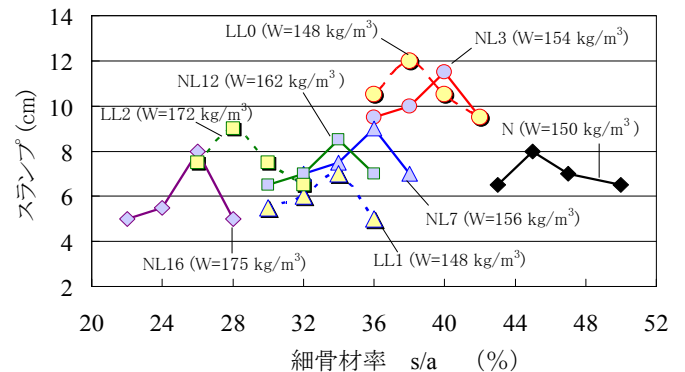


図-1 コンクリートの最適細骨材率 (W/C: 55%)

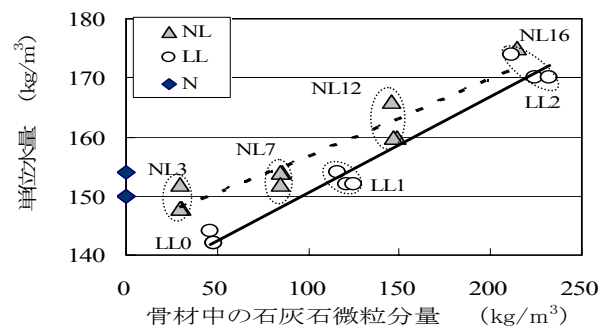


図-2 石灰石微粒分量と単位水量との関係

W/C=55%で決定された最適 s/a を基準とし、次式より算定される値を用いることにした。

$$(s/a)_{w/c} = (s/a)_{w/c=55\%} + (W/C - 55)/5$$

(2) 単位水量

図-2に、微粒分量と単位水量との関係を示す。NLおよびLLの単位水量は、いずれのコンクリートも石灰石微粒分量が 10kg/m^3 増加するごとに 1.5kg/m^3 ほど増加し、JIS 規格値の2倍の微粒分量を含む場合でも、中国地区の生コン工場の単位水量平均値 169kg/m^3 とほぼ同等の 170kg/m^3 程度に抑えられた。微粒分量 100kg/m^3 以下では、LLはNおよびNLよりも単位水量がわずかに少なくなった。

3.2 フレッシュコンクリートの性状

(1) スラップの経時変化

図-3に、水セメント比 55%のコンクリートにおけるスラップの経時変化を示す。石灰石骨材中の微粒分がスラップの経時変化に及ぼす影響は小さく、NLの場合は16%程度まで、LLの場合はJIS上限の2倍程度までは影響が小さくなった。

(2) ブリーディング

図-4に、水/粉体（セメント+微粒分）比とブリーディング量との関係を示す。NL、LLのブリーディング量は、水/粉体比が小さくなると減少していることから、水セメント比が大きいコンクリートにおいては、微粒分量の増加がブリーディングの抑制に有効であることがわかる。

(3) 凝結時間

図-5に、石灰石微粒分量と凝結時間との関係を示す。始発時間および終結時間は、NL、LLともに石灰石微粒分量の増加に伴って短縮した。この凝結時間の短縮はNLよりもLLの方が大きい。既往の研究によれば、石灰石微粉末は、カリシウムアルミネートの反応およびエーライトの反応を促進する¹⁾。また、高炉セメント中の高炉スラグ微粉末も石灰石微粉末により反応が促進される²⁾との報告もあり、これらの石灰石微粉末の促進作用により、凝結が早くなったと解釈できる。

4. まとめ

石灰石骨材の微粒分量が JIS 上限の2倍程度までの範囲では、微粒分量に応じて最適 s/a を求め、適正に配合設計すれば、所要スラップを得るために必要な単位水量は、 170kg/m^3 程度に抑えられた。その場合、スラ

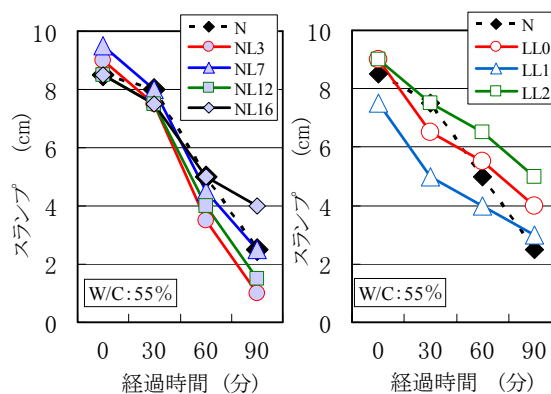


図-3 スラップの経時変化

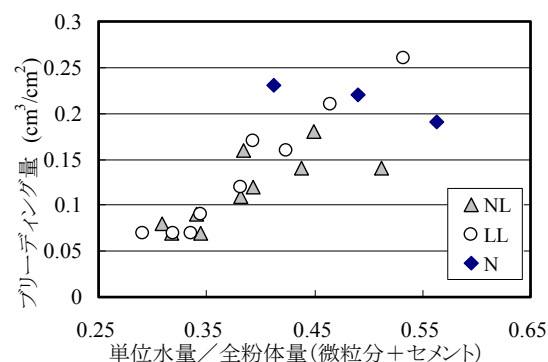


図-4 ブリーディング量と水粉体比との関係

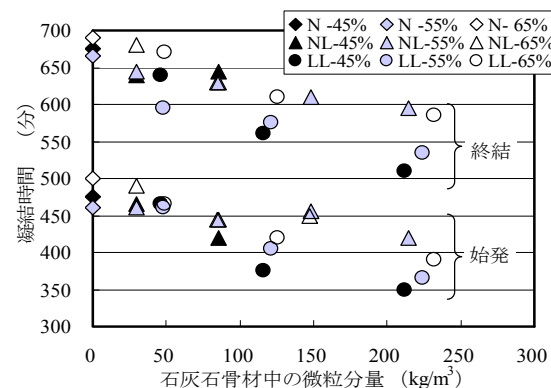


図-5 石灰石微粒分量と凝結時間との関係

ンプロスは、N と同等ないしはやや小さく、ブリーディング量は、水セメント比が同一の場合、微粒分量の増加に伴い減少し、凝結時間は微粒分量の増加に伴いやや早くなった。

参考文献

- 1) 李琮揆, 大場陽子, 坂井悦郎, 大門正機: 石灰石微粉末を多量添加した $\text{C}_3\text{A} \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 系の水和反応, コンクリート工学論文集, Vol.20, No.2, pp.13-18, 1998
- 2) 佐川孝広, 名和豊春: 高炉セメントの水和反応に及ぼす石灰石微粉末の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.1, pp.93-98, 2007