

微粒分量の多い石灰石骨材を用いたコンクリートのフレッシュおよび硬化後の物性

鳥取大学大学院 学生会員 ○小橋 由佳 鳥取大学 フェロー 井上 正一
鳥取大学 正会員 黒田 保 宇部興産(株) 正会員 大西 利勝

1. はじめに

石灰石骨材は粉体化しやすく、骨材中の微粒分量が JIS の規格値よりも多くなる可能性がある。そこで、石灰石砕石および石灰石砕砂に含まれる微粒分量を要因に選び、微粒分量の異なる石灰石骨材を用いたコンクリートの配合設計とその配合設計に基づいたコンクリートのフレッシュおよび硬化後の物性を把握することを目的として試験を行った。その結果について述べる。

2. 実験概要

セメントには高炉セメント B 種を、化学混和剤には AE 減水剤と AE 助剤を併用し、細骨材に普通砂、粗骨材に普通砕石を用いたコンクリート(NN)，細骨材に普通砂、粗骨材に石灰石を用いたコンクリート(NL)，細・粗骨材に石灰石を用いたコンクリート(LL)の物性を調べた。石灰石微粒分量は、NL においては、搬入時の状態の 2.6% (L3)，石灰石微粉末を追加添加して調整した微粒分量をそれぞれ 7% (L7)，12% (L12)，16% (L16)とした 4 水準，LL においては、搬入時の状態の細骨材に対して 2.2%および粗骨材に対して 2.6% (L)，JIS 規格の上限値である細骨材に対して 9%および粗骨材に対して 5% (L1)，それぞれ JIS の上限値の 2 倍の量として細骨材に対して 18%および粗骨材に対して 10% (L2)とした 3 水準とした。なお、ここでの L16 は、本実験の試練りから得た知見で、粗骨材最大寸法 20~25mm の場合における単位水量の上限値である 175kg/cm³を超えない範囲の最大の微粒分量であることから設定したものである。また、大きな石灰石微粒量を設定したのは、これが混和材料として有効に使用されていること、さらには 10%以上の微粒分量が含まれていたという調査報告があるためである。コンクリートの配合条件は、スランプ 8±1.5cm，空気量 4.5±1.5%である。

3. 実験結果と考察

3.1 石灰石の物理的性質 表-2 より、石灰石砕石は絶乾密度、吸水率、粒径判定実積率で土木学会の規格値を満たしているが、BS の 400 kN 破砕(実験)値 22.3%は普通砕石の 9.7%よりもかなり大きく、磨砕、粉体化しやすい性質のあることが伺

表-1 実験計画

コンクリートの種類	使用骨材		W/C	
普通コンクリート (N)	普通砂	普通砕石	45 55 65	
石灰石コンクリート (NL)	普通砂	石灰石砕石		
		L3		2.6 %
		L7		7 %
		L12		12 %
L16	16 %			
石灰石コンクリート (LL)	石灰石砕砂	石灰石砕石		
	L	2.2 %	2.6 %	
	L1	9 %	5 %	
	L2	18 %	10 %	

表-2 骨材の物理的性質試験結果

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.	粒径判定実積率 (%)	微粒分量 (%)
細骨材	普通	2.67	2.64	1.30	2.63	57.0	3.9
	石灰石	2.68	2.67	0.61	2.51	56.1	2.2
粗骨材	普通	2.75	2.73	0.61	6.79	57.3	0.0
	石灰石	2.68	2.67	0.55	6.41	59.7	2.6
砕砂の品質基準		—	≥2.50	≤3.5	—	≥54	≤9.0
砕石の品質基準		—	≥2.50	≤3.0	—	≥56	≤3.0

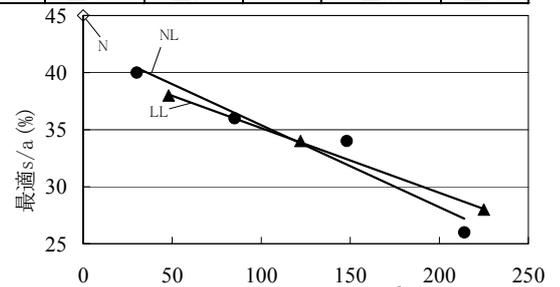


図-1 微粒分量と最適s/aの関係

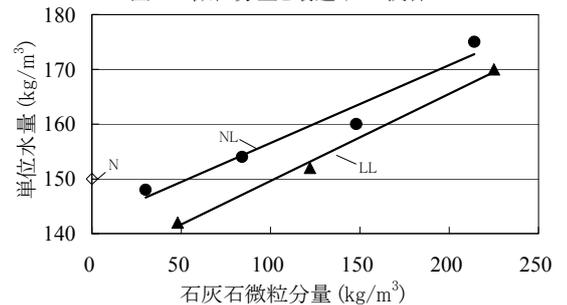


図-2 微粒分量と単位水量の関係

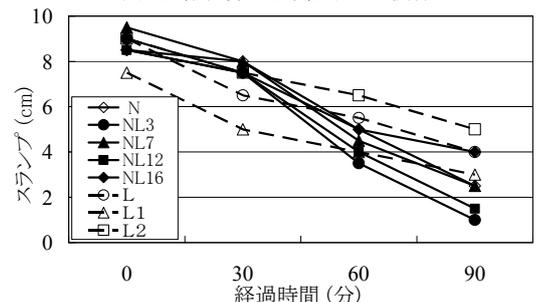


図-3 スランプの経時変化(W/C=55%)

える。

3.2 コンクリートの配合 図-1に、細骨材率と微粒分量(コンクリート 1m³あたり)の関係、図-2に決定された最適細骨材率の下で、所要のスランブを得るための単位水量と微粒分量の関係を示す。図-1より、石灰石を用いたコンクリートの最適 s/a の値は微粒分量の増加に伴い小さくなった。図-2より、NL および LL における単位水量はそれぞれ微粒分量の増加とともにほぼ直線的に増加した。

3.3 コンクリートのフレッシュ性状

1) 経時変化 空気量およびスランブの経時変化の測定を行った。図-3はスランブの経時変化を示したものである。図より、同一経過時間後におけるスランブのロス(空気量のロス)はコンクリートの種類によらず同程度であった。また空気量のロスも同様であった。

2) ブリーディング ブリーディング試験結果を図-4に示す。図より、N および NL において異なる水セメント比におけるブリーディング率は同程度である。一方、LL は水セメント比が小さくなるに伴い低減した。また、NL および LL におけるブリーディング率は、石灰石微粒分量の増加に伴い低減した。

3) 凝結時間 凝結時間試験結果を図-5に示す。図より、石灰石を用いたコンクリートにおける始発および終結時間はNと同程度ないしは早くなり、LL における始発および終結時間は微粒分量の増加に伴いそれぞれ短縮した。

3.4 硬化コンクリートの物性

1) 圧縮強度 W/C=45%とした配合における材齢と圧縮強度の関係を図-6, 7に示す。図より、石灰石骨材を用いたコンクリートの初期強度はNよりも大きいことがわかる。また、NL における長期材齢にかけての強度増加はNと同程度である。一方、LL においては長期材齢にかけての強度増加の程度は普通コンクリートのそれよりも小さくなり、石灰石砕砂を用いると長期材齢にかけての強度増加が微粒分量の増加に伴い小さくなる。

2) 乾燥収縮 乾燥収縮試験結果を図-8に示す。骨材に石灰石を用いると乾燥収縮は普通骨材を用いた場合よりも小さくなるが、石灰石微粒分量が増加するに伴い乾燥収縮ひずみは大きくなる。このことは、微粒分量の増加に伴い単位水量が増加し、セメントペースト量が増加するためと考えられる。

4. まとめ

粗骨材最大寸法 20~25mm の単位水量の上限値である 175kg/cm³ を超えない範囲の微粒分量であれば、石灰石骨材を用いることは、配合設計、フレッシュ性状、スランブおよび空気量の経時変化、凝結時間、コンクリートの硬化後の物性に悪影響を及ぼさないことが明らかとなった。

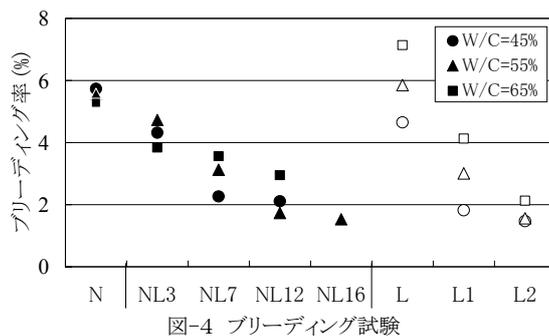


図-4 ブリーディング試験

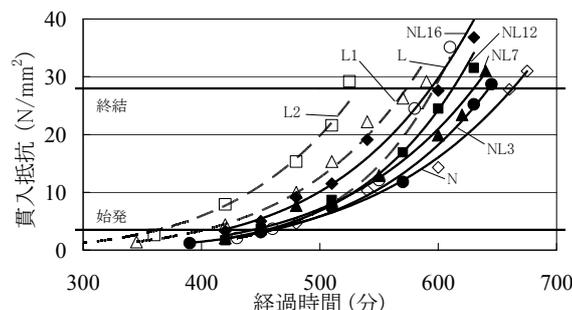


図-5 凝結時間試験

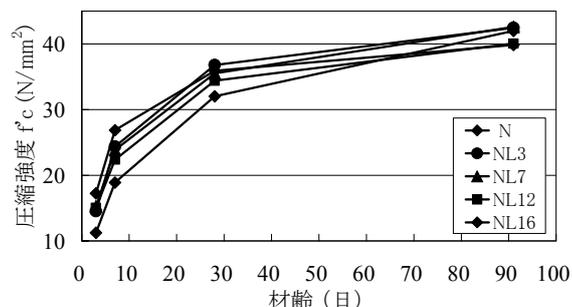


図-6 NLにおける材齢と圧縮強度の関係(W/C=55%)

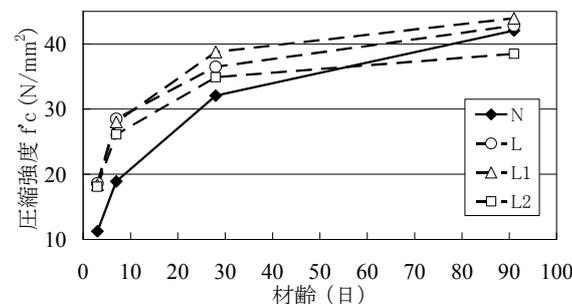


図-7 LLにおける材齢と圧縮強度の関係(W/C=55%)

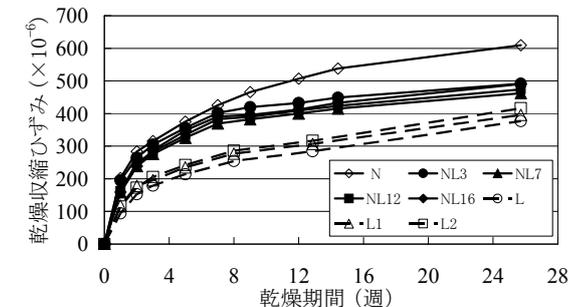


図-8 乾燥収縮試験