

石灰石粗骨材を使用した硬化コンクリートの物性

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 (財)鳥取県建設技術センター 法人会員 松井 信作
鳥取大学 正会員 林 昭富

1. はじめに

石灰石は粉化しやすく、そのために石灰石骨材にはかなり多量の石灰石微粉が含まれる可能性があり、調査結果もある。そこで、ここでは、石灰石粗骨材中に石灰石微粒分がかなり多量に含まれた場合のコンクリートの物性、とりわけ硬化コンクリートの物性を明確にすることも目的として行った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 助剤を併用した。また、骨材には、細骨材には普通砂を、粗骨材には普通碎石ないしは山口県産の石灰石碎石を用い、石灰石碎石には微粒分を洗い流したもの

(NL0: 記号の N, L, 0 は普通砂, 石灰石碎石, 微粒分量を示す), 搬入された石灰石碎石に石灰石微粉末を追加添加し, 石灰石碎石に含まれる微粒分量が質量比で 7, 12% となるようにしたもの(NL7, NL12)を用いた。試験は, W/C=45, 55, 65% において, これら骨材に加え, 普通砂と普通碎石を用いた (NN) コンクリートについても行った。なお, 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 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 $8 \pm 1.5 \text{ cm}$, 空気量 $4.5 \pm 1.5 \%$ で, 圧縮と引張強度, 静弾性係数, 乾燥収縮, 凍結融解, 熱膨張係数を測定した。

3. 実験結果と考察

3.1 石灰石の物理的性質 表-2 より, 石灰石碎石は絶乾密度, 吸水率, 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% は普通碎石の 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える。

3.2 硬化コンクリートの物性

1) 圧縮強度 図-1 に, 材齢 28 日における圧縮強度 f_c' と C/W との関係を示す。 f_c' は C/W の増加に伴って線形で増加すること, また石灰石碎石を用いた場合, 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碎石を用いたコンクリートよりも大きくなること, 微粒分量に影響しないことがわかる。

表-1 実験要因の組み合わせ

要因	水準
細骨材の種類	普通砂 (砕砂+陸砂)
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, 7, 12

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.	実積率 (%)	粒径判定実積率 (%)	微粒分量 (%)
細骨材	砕砂	2.67	2.64	1.36	2.88	66.9	57.0	4.0
	陸砂	2.63	2.61	0.63	1.44	60.5	—	1.4
粗骨材	普通	2.75	2.73	0.61	6.79	58.8	57.3	0.0
	石灰石	2.68	2.67	0.55	6.41	58.4	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

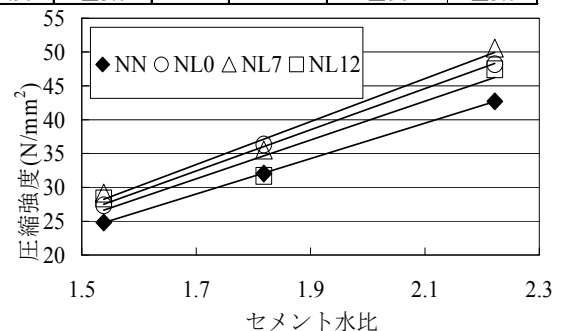


図-1 28日圧縮強度とセメント水比の関係

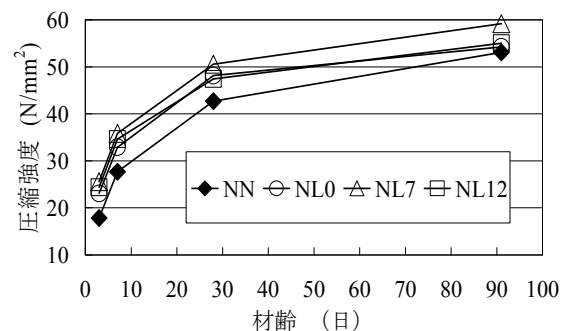


図-2 材齢と圧縮強度の関係 (W/C=45%)

W/C=45%とした配合における材齢と圧縮強度の関係を図-2に示す。図より、石灰石を用いる、あるいは石灰石微粉末を併用することによって、初期材齢から28日までの強度増加が期待でき、特に石灰石微粒分量が7%程度の場合には強度増加が大きく、長期材齢においても大きな強度を示すことがわかる。

2) 引張強度 図-3に、材齢28日における引張強度と圧縮強度との関係を示す。同一圧縮強度における引張強度は、いずれのコンクリートにおいても土木学会の提案式よりもやや大きな値を示し、微粒分量が12%程度までの範囲であれば、石灰石碎石あるいは石灰石碎石中の微粒分量は引張強度にほとんど影響を及ぼさないことがわかる。

3) 静弾性係数 図-4に、材齢28日における圧縮強度と静弾性係数との関係を示す。NL0からNL12の比較より、これらの弾性係数はほぼ同一曲線上にあることより、石灰石碎石に含まれる石灰石微粒分量は静弾性係数の値にほとんど影響を及ぼさないこと、土木学会の提案式でかなり正確に予測できることがわかる。

4) 乾燥収縮 材齢2日から恒温恒湿室(20℃, RH60%)で測定した乾燥収縮試験の1例を図-5に示す。石灰石は普通碎石よりも乾燥収縮が小さいと言われており、さらに石灰石微粉末は乾燥収縮を低減させる効果があるといわれているが、本研究では石灰石碎石中の石灰石微粒分量が多くなると、単位水量が増加することもあるため、乾燥収縮が大きくなり、石灰石微粉末による乾燥収縮の低減は見られなかった。

5) 凍結融解 凍結融解試験結果の1例を図-6に示す。NL0と比べて石灰石微粉末を追加添加したコンクリートの相対動弾性係数は大きく、石灰石微粒分量が12%程度までであれば、石灰石微粒分は耐凍結融解性を改善するといえる。

6) 熱膨張係数 熱膨張係数は、10×10×40cm角柱供試体を濡れウェスで巻き、ビニール袋中で試験材齢(3, 7, 28日)まで密封し、恒温恒湿室(20℃, RH60%)で養生する。試験開始直前にひずみゲージを貼付した後、供試体をアルミテープで覆う。これをマントルヒーター中にて温度を20℃から60℃までの範囲で昇降し、熱膨張係数を求めた。図-7に、熱膨張係数の測定結果の1例を示す。石灰石を用いたコンクリートの熱膨張係数は普通コンクリートのそれよりも小さい結果が得られた。

4. まとめ

石灰石を骨材として用いたコンクリートは、微粒分量が12%までの範囲であれば、初期強度の増進、乾燥収縮の低減が期待できる。今後、乾燥収縮あるいは断熱温度上昇量に与える微粒分の影響をさらに明確にしていきたい。

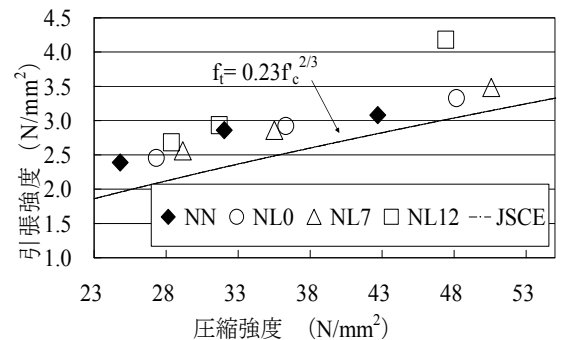


図-3 28日圧縮強度と引張強度の関係

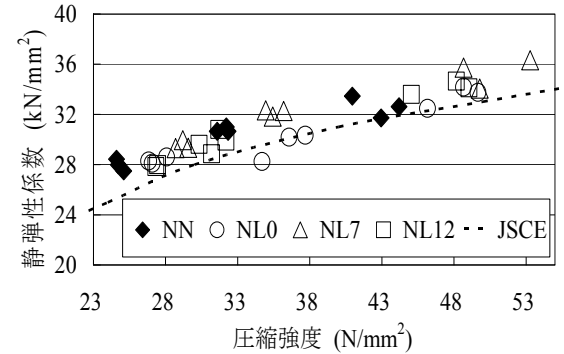


図-4 28日圧縮強度と静弾性係数の関係

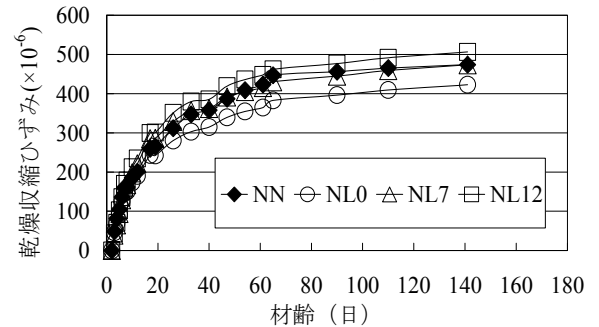


図-5 乾燥収縮ひずみ

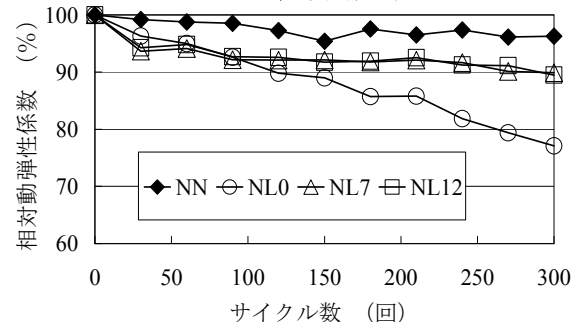


図-6 相対動弾性係数

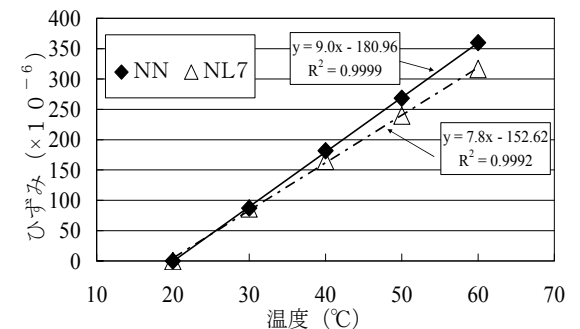


図-7 材齢3日の熱膨張係数(上昇時)