

微粒分の多い石灰石骨材を用いたコンクリートの硬化後の物性

東京工業大学大学院 学生員 ○大石 峻也 鳥取大学 正会員 吉野 公
鳥取大学 フェロー 井上 正一

1. はじめに

近年、良質なコンクリート用骨材を入手することが難しく、石灰石骨材を使用したいとの要望が強い。この場合、石灰石骨材は、JISの骨材規格を満たすために微粒分量を減調した形で供給されているが、一方で石灰石微粉末は混和材料として有効に使用されている現状を考慮すると、より有益な使用方法があると考えられる。そこで、石灰石骨材における微粒分を洗い流して減調せずにそのまま用いる可能性を含め、ここでは石灰石粗骨材中の微粒分量がコンクリートの物性に及ぼす影響を検討した結果を以下に述べる。

2. 実験概要

実験計画を表1に示す。使用したセメントは高炉セメントB種で、化学混和剤にはAE減水剤とAE助剤を使用した。設定したW/Cは45, 55, 65%で、各W/Cに対して、粗・細骨材ともに石灰石(以下LLと略記)、細骨材は普通砂、粗骨材には微粒分を洗い流した石灰石(以下LN)、比較用として、粗骨材に普通碎石、細骨材に普通砂(以下NN)、を用いたコンクリートの配合と物性を検討した。また、LNに対し、石灰石粗骨材に内割で石灰石微粉末を追加添加することによって微粒分量が異なることを想定した(粗骨材量に対して0, 3.9, 7%)試験も併せて行い、コンクリートの配合条件はスランプ 8 ± 1 cm, 空気量 $4.5 \pm 1.5\%$ とした。この条件で単位水量は, NN, LNが同程度で約 150 kg/m^3 , LLが 141 kg/m^3 であった。また、石灰石微粉末量は単位水量に影響を与えなかった。なお、細骨材率は、試験によって求めた最適細骨材率とした。

表1 実験計画

粗骨材の種類	石灰石碎石(LL), 普通碎石(N)
細骨材の種類	石灰石砂(L), 普通砂(N)
W/C (%)	45, 55, 65
石灰石微粉末量 (%)	0, 3.9, 7.0

3. 実験結果および考察

3.1 石灰石の物理的性質

本研究で用いた石灰石の粗骨材および細骨材の絶対密度は $2.67, 2.68 \text{ g/cm}^3$, 吸水率 $0.60, 0.61\%$, 実積率 $58.8, 65.5\%$ で、土木学会の規格値を満たしているが、石灰石の40t破砕値は 23.7% で普通碎石 9.7% の約2.4倍であった。なお、入荷時の石灰石粗骨材は微粒分量が粗骨材における規格値 1% を越えていた(入荷時により, $2.9\%, 3.9\%$)が、石灰石細骨材は 2.2% と規格内であった。また、含まれている石灰石微粉末の比表面積は $5,500 \text{ cm}^2/\text{g}$ であり、追加添加に用いる石灰石微粉末は比表面積 $5000 \text{ cm}^2/\text{g}$ の市販品を転用した。

3.2 石灰石および石灰石微粉末を用いた場合の物性

圧縮強度 W/C=55%の配合におけるLL, LN, NNの材齢と圧縮強度の関係を図1に、微粉末を追加添加した結果を図2に示す。これらの図より、石灰石骨材の使用は普通砂を用いた場合よりも初期強度は高くなる一方で、28日以降の強度増加は小さいことがわかる。また、微粒分量を変化させた場合においては石灰石微粉末量の増加に伴い圧縮強度の増加がみられた。

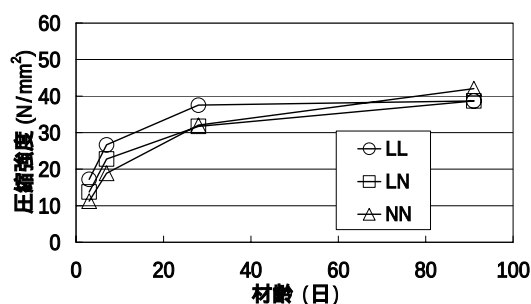


図1. 圧縮強度と材齢との関係(W/C=55%)

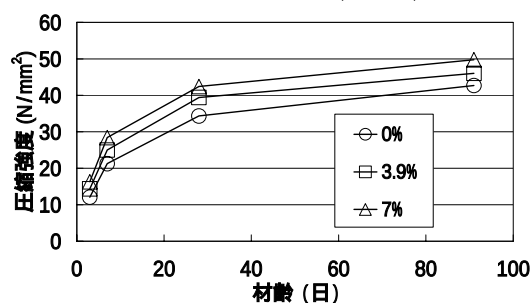


図2. 圧縮強度と材齢との関係(微粉末混入量の影響)

キーワード：石灰石骨材，石灰石微粉末，微粒分量，初期強度，乾燥収縮

連絡先：〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南4-101 TEL 0857-31-5281

引張強度 材齢 28 日における圧縮強度と引張強度との関係を図 3 に示す．同一圧縮強度における石灰石骨材を用いたコンクリートの引張強度は，普通コンクリートのそれと同程度であるが，土木学会の予測値よりもやや大きいといえる．なお，石灰石粗骨材に対する石灰石微粉末の混入率が，本実験で設定した範囲内（7% まで）であれば材齢 28 日における圧縮・引張強度の増加が見られた．

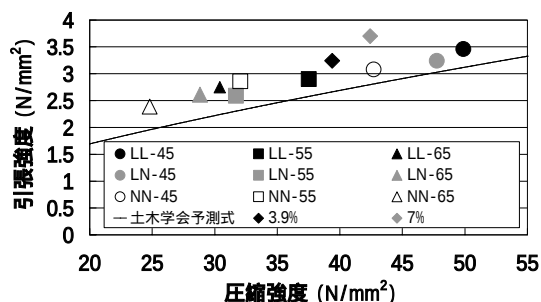


図3. 引張強度と28日圧縮強度の関係

弾性係数 図 4 に，28 日圧縮強度と静弾性係数との関係を示す．同一の圧縮強度における弾性係数は，LL が最も大きな値を示し，LN と NN はほぼ等しい値を示している．このことより，本実験で用いた石灰石粗骨材は静弾性係数に及ぼす影響は比較的小さいが，石灰石細骨材の使用は弾性係数をやや大きくするといえる．また，微粒分量増加は圧縮強度と静弾性係数との関係にほとんど影響を与えなかった．

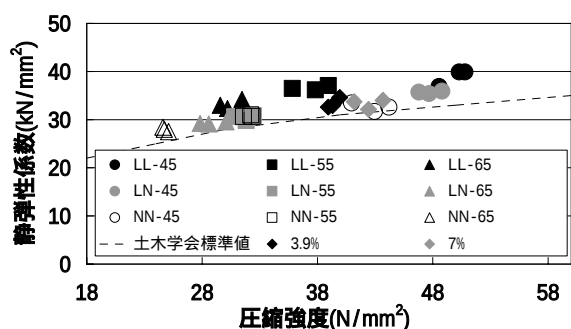


図4. 圧縮強度と静弾性係数の関係

乾燥収縮 $10 \times 10 \times 40$ cmの角柱供試体を用いて材齢 2 日より恒温恒湿室（20℃，R.H.60%）で測定を開始した乾燥収縮試験の結果を図 5，6 に示す．石灰石骨材を用いたコンクリートの乾燥収縮は普通コンクリートのそれよりも小さく，さらにLNよりもLLで小さくなっている．なお，粗骨材に石灰石微粉末を混入した場合の乾燥収縮は混入していない場合よりも小さくなったため，石灰石微粉末にも乾燥収縮を低減させる効果があると考えられる¹⁾．

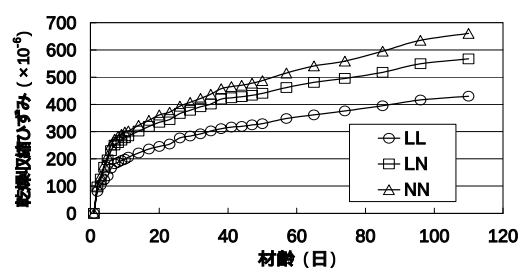


図5. 乾燥収縮ひずみ

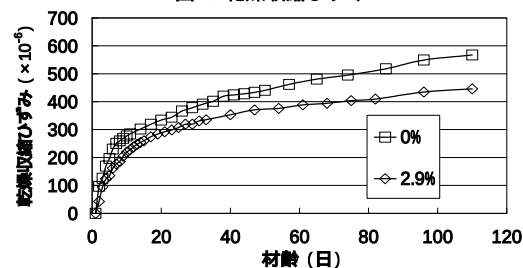


図6. 微粒分量と乾燥収縮の関係

断熱温度上昇 図 7 に， $W/C = 55\%$ の場合における LN(微粉末を 3.9%含む)と NN コンクリートの断熱温度上昇試験の結果を示す．粗骨材に石灰石を用いたコンクリートの終局断熱温度上昇値は普通コンクリートと同等で，かつ示方書による推定値ともほぼ等しい値となっている．乾燥収縮および断熱温度上昇の結果より，石灰石および石灰石微粉末の使用はひび割れ抵抗性に有利な方向にあるといえる．

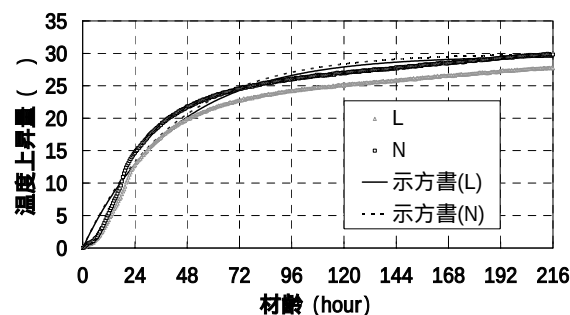


図7. 断熱温度上昇量

4. 結論

石灰石を骨材として用いたコンクリートは，初期強度の増進，乾燥収縮の低減が期待できる．石灰石粗骨材中の微粒分量については詳細に検討する必要があるが，7%程度までであれば単位水量や硬化コンクリートの諸性状に対して悪影響はないといえる．今後，耐久性を検討する必要があるものの，土木学会において規定されている粗骨材における微粒分量の上限値を再検討し石灰石骨材の製造方法や管理規定を確立することで，安定的かつ有効な骨材供給が期待できると考える．参考文献：1) 社団法人日本コンクリート工学協会：石灰石微粉末の特性とコンクリートへの利用に関するシンポジウム，石灰石微粉末研究委員会報告書，1998.5