

再生細骨材を用いたコンクリートの乾燥収縮と耐久性

呉工業高専 正会員 竹村 和夫 呉工業高専 正会員 市坪 誠
ダイフク興産(株) 正会員 ○田岡 幸 呉工業高専専攻科 学生員 梶川 奈津紀

1. まえがき

コンクリートからの破碎時および再生粗骨材の処理工程で発生する 5mm 以下の粒子のコンクリート用細骨材としての利用を目的として、主としてコンクリートの乾燥収縮、耐凍結融解性および中性化について検討を行った。

2. 実験概要

セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。骨材は粗骨材には碎石(N)、無処理の再生粗骨材(R)および処理再生粗骨材(R3)を用い、細骨材には天然砂(N)、無処理の再生砂(R)および再生粗骨材の処理工程で発生する 5mm 以下の粒子を乾式砕砂分級用エアセパレーターを用いて処理し、比重約 2.0 以下の粒子を取り除いたもの(R3)に粒度調整のためにフライアッシュを質量で 10%置換したものを用いた。使用骨材の物理試験結果を表-1 に示す。コンクリートの配合は粗骨材の最大寸法を 20mm、目標スランプ 6cm、空気量 $5 \pm 0.5\%$ 、水セメント比を 50%とし、細骨材率 45%、単位水量 180kg/m^3 の AE コンクリートとした。コンクリートの乾燥収縮の測定は材齢 7 日まで標準養生後、温度 $21 \pm 2^\circ\text{C}$ 、湿度 $60 \pm 5\%\text{R.H.}$ の恒温室内で、コンパレータを用いて測定した。コンクリートの凍結融解試験には材齢 14 日まで標準養生を行った ASTM 法を用いた。中性化の測定は材齢 14 日まで水中養生を行い、 CO_2 濃度 5%、温度 30°C 、湿度 60%R.H.の条件で 91 日間促進試験を行い、フェノールフタレイン法によって中性化深さを判別した。

3. 結果と考察

以後用いるコンクリートの種類の記号は最初が細骨材の種類である。
図-1 は使用細骨材の異なるコンクリートの乾燥収縮ひずみを比較したものである。再生細骨材 R を用いると、天然砂 N の場合と比較して材齢 140 日で、収縮量は約 2 倍となっている。一方、処理再生細骨材 R3 の場合は無処理の再生細骨材 R の場合より収縮量は小さくなり、天然砂 N の場合より約 100 マイクロ大きくなっている。

図-2 は使用細粗骨材の異なるコンクリートの乾燥収縮ひずみを比較したものである。RR の収縮量は NN と比較して、材齢 140 日で約 2.3 倍となっており、図-1 に示した RN の場合より収縮量は大きい。一方、R3R3 は NN とほぼ同等の値となっている。

図-3 に凍結融解のサイクル数とコンクリートの相対動弾性係数との関係を示す。相対動弾性係数は凍結融解の繰返しによって低下し、RR が最も低下量が大きく、続いて RN、NR の順になっている。NR3 の低下量は少なく、NN とほとんど差が見られない。R3N も低下量が少なく、NN とほとんど差が見られず細骨材の品質改善の効果が顕著であるが、これには粒度調整のため混入したフライアッシュの影響も含まれていると考えられる。

図-4 に各コンクリートの耐久性指数(D.F.)の値を示す。NN、NR3、R3N

表-1 使用骨材の物理試験結果

細骨材	比重	吸水率(%)
N	2.47	2.75
R	2.10	15.21
R3	2.30	6.45
粗骨材		
N	2.66	1.24
R	2.40	6.35
R3	2.54	3.56

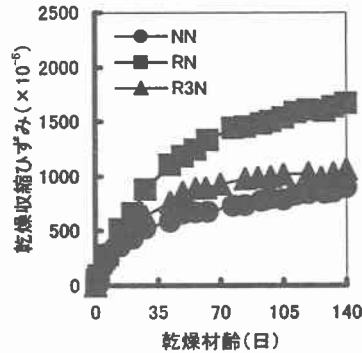


図-1 使用細骨材の異なるコンクリートの乾燥収縮ひずみの比較

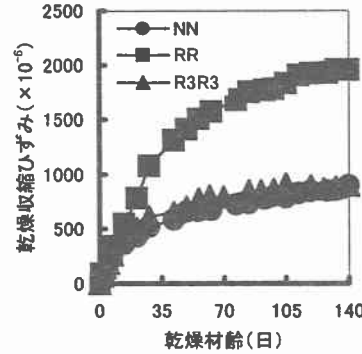


図-2 使用細粗骨材の異なるコンクリートの乾燥収縮ひずみの比較

および NR は D.F.値 90%以上で満足のできる結果である。とくに NR3 および R3N の結果は NN と差がほとんどなく再生骨材の処理による品質の改善効果が見られる。しかし、細骨材に無処理の再生骨材を用いた RN は D.F.の値が 51.7%であり、疑問視すべきであり、さらに、細粗骨材ともに無処理の再生骨材を使用した RR の D.F.の値は 16.9%と極めて低く、凍結融解の激しい場所での使用は認められないといえる。

図-5 に複合則から求めた使用骨材全体の吸水率と各コンクリートの耐久性指数との関係を示す。両者は負の比例関係にあり、骨材の吸水率が増すと、コンクリートの耐久性指数は直線的に低下することを示している。細粗骨材に無処理の再生骨材を用いたコンクリート(RR)や細骨材の無処理の再生砂を用いた(RN)の凍結融解に対する抵抗性の低下は骨材の吸水率が大きいことが一因となっている。

図-6 は中性化深さを示したものである。処理した再生骨材を用いた R3N、NR3 および R3R3 はほぼ NN と同程度であるが、RN の中性化深さは NN の約 1.5 倍、NR の中性化深さは約 1.2 倍で RR は約 2.0 倍となっている。粗骨材に無処理の再生骨材を用いた NR に比較して、細骨材に再生骨材を用いた RN は中性化が速く細骨材の影響が大きくなっている。

図-7 はコンクリートの圧縮強度の逆数と NN に対する中性化深さとの関係を示したものである。両者はほぼ比例関係にあり、コンクリートの圧縮強度は中性化速度に密接に関係している。すなわち、強度の高いコンクリートは組織が緻密で CO₂ などの有害物がコンクリート中に拡散しにくいことを示している。処理した再生細・粗骨材を用いるとコンクリートの強度が天然骨材の場合と同程度となり、中性化に関しても満足できる結果となっている。

4. まとめ

コンクリートがらを再生骨材としてできるだけ広範囲のコンクリートに利用することを目的とし、実験的に検討を行った結果、処理再生細骨材を用いたコンクリートの乾燥収縮ひずみ、耐凍結融解性および中性化深さは天然砂を用いた場合とはほぼ同程度となった。したがって、本研究の方法で処理した再生細骨材は一般の構造用コンクリートに使用可能であると判断された。しかし、無処理の再生骨材は低強度で乾燥収縮、耐久性が重要視されないコンクリートに使用するのがよいと考えられた。

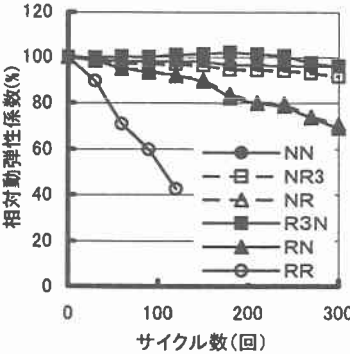


図-3 コンクリートの
相対動弾性係数

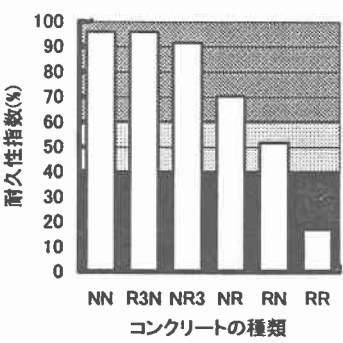


図-4 各コンクリートの耐久性指数

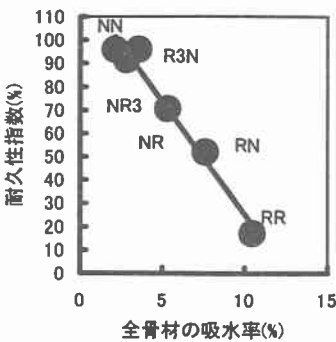


図-5 骨材の吸水率とコンクリートの
耐久性指数との関係

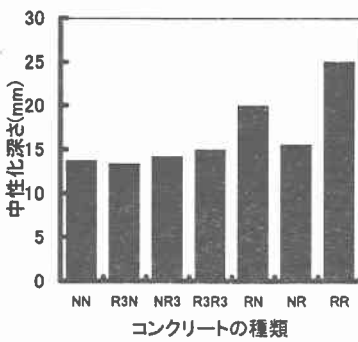


図-6 中性化深さの比較

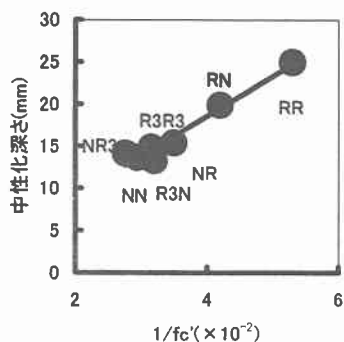


図-7 1/fc' と中性化深さとの関係