

## 粗骨材種類の相違がフレッシュコンクリートの締固め性に及ぼす影響

東京都立大学大学院 正会員 梁俊

東京都立大学大学院 正会員 宇治公隆 フェロー 国府勝郎 正会員 上野敦

## 1. はじめに

コンクリートの締固めは、所要の品質、耐久性を確保するために重要な作業である。粗骨材としては、密度、形状、粒度などが相違する様々な種類が用いられる。本研究は、砕石および密度の大きな電気炉酸化スラグ粗骨材を取り上げ、粗骨材の種類ならびにコンクリートの単位容積質量の相違が締固め性に及ぼす影響について、締固めエネルギーの観点から検討した。

## 2. 締固め試験装置

試験には、図-1に示す振動台式試験装置を用いた。試験は、まず円筒容器（内径 220mm、高さ 220mm）中でスランプ試験を実施し、その後、振動数 35Hz、最大加速度 1G

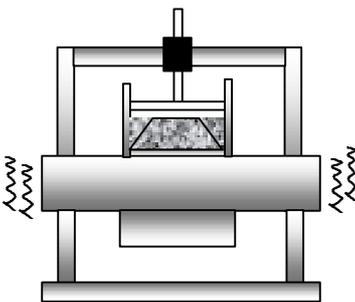


図 1 振動台式締固め試験装置

で振動を与え、上面の沈下量を経時的に測定した。そして、容器内のコンクリートの充填率と締固めエネルギーの関係を表す締固め曲線を求めた。充填率は式(1)で、締固めエネルギー式(2)によって計算した。

$$= H_0/h * 100\% \quad (1)$$

$$H_0 = m / ( \quad / A )$$

：充填率、m：コンクリートの質量、：コンクリートの理論密度、A：円筒容器の底面積、h：任意振動時におけるコンクリートの高さ、H<sub>0</sub>：理論密度まで締固めた時の試料の高さ

$$E = \quad_{max}^2 t_0 / 4 \quad^2 f \quad (2)$$

E：締固めエネルギー(J/L)、t<sub>0</sub>：締固め時間(s)、<sub>max</sub>：最大加速度(m/s<sup>2</sup>)、：理論密度(kg/l) f：振動数  
締固め曲線において充填率が 99.5%に達するエネルギーに基づいて締固め完了時間を計算した。

## 3. 使用材料

セメントには普通ポルトランドセメントを使用した。細骨材には津久井産砕砂（表乾密度 2.65g/cm<sup>3</sup>、F.M.=2.87）と富津産山砂（表乾密度 2.61g/cm<sup>3</sup>、F.M.=1.64）の混合砂を、また粗骨材には津久井産の砕石（表乾密度 2.66g/cm<sup>3</sup>、

F.M.=6.36、実積率 59.6%）及び電気炉酸化スラグ粗骨材（表乾密度 3.57g/cm<sup>3</sup>、F.M.=6.63、実積率 56.2%）を使用した。混和剤には AE 減水剤（リグニンスルホン酸系、使用量 C×0.25%）を使用した。

## 4. 締固め性に及ぼすs/a及び単位容積質量の影響

## 4.1 試験方法

砕石を用いたコンクリート（以下、砕石コンクリートと記す）について、試し練りによりスランプ 8cm となる配合を決定した。表 1 に配合を示す。これを基本配合とし、砕石コンクリートまたは電気炉酸化スラグ粗骨材を用いたコンクリート（以下、酸化スラグコンクリートと記す）について、s/a を変化させて締固め性状を把握した。なお、酸化スラグコンクリートの基本配合は、砕石コンクリートの基本配合における砕石の占める容積を電気炉酸化スラグ粗骨材で置き換えることとした。試験では W=173kg/m<sup>3</sup>、W/C=50%一定とし、s/a を 33, 39, 43, 45, 48, 53% の 6 水準に変化させている。

表 1 砕石コンクリートの基本配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					
		W	C	S(細)	S(粗)	G	Ad
50	43	173	346	152	613	1020	0.865

## 4.2 実験結果及び考察

図 2 に締固めエネルギーと細骨材率の関係を示す。図より、砕石コンクリートも酸化スラグコンクリートも締固めエネルギーが最小となる細骨材率、すなわち、締固めに関する最適細骨材率が存在することが分かる。最適細骨材率は、砕石コンクリートの場合 39%、酸化スラグコンクリートの場合 45%であった。

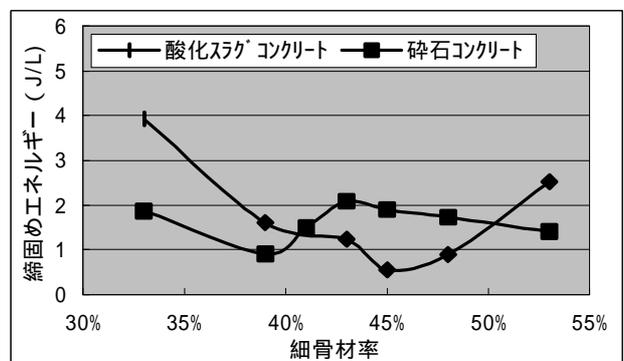


図 2 締固めエネルギーと細骨材率の関係

キーワード：締固め性、締固めエネルギー、電気炉酸化スラグ、砕石、最適細骨材率、単位容積質量

連絡先：〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1 - 1 東京都立大学大学院工学研究科 TEL：0426-77-1111

表 2 スランプ測定値

s/a	砕石コンクリート	酸化スラグコンクリート
33%	12.0cm	15.0cm
39%	11.5cm	6.5cm
43%	9.0cm	8.0cm
45%	8.5cm	11.5cm
48%	6.0cm	8.5cm
53%	5.5cm	7.5cm

これは、酸化スラグの実積率が56.2%で、砕石の実積率59.6%より若干小さく、さらに酸化スラグの表面には凹凸が見られ、粗骨材粒子間の見かけのペースト量が減少し、噛み合わせが砕石より大きくなったためと考えられる。なお、表 2 は各コンクリートのスランプの測定結果であり、それぞれの最適細骨材率はスランプが最も大きい場合に概ね対応している。また、最適細骨材率における酸化スラグコンクリートの締固め完了エネルギーは、砕石コンクリートの場合のほぼ半分である。

以上のことから、粗骨材種類ならびにコンクリートの単位容積質量が締固め性に大きく影響することが明らかとなった。

## 5. 内部振動機による締固め挙動

### 5.1 試験方法

模型供試体を用いて、内部振動機からの距離が締固めエネルギーに及ぼす影響、ならびにそれぞれの位置における振動応答挙動を把握した。鋼製型枠の内面に、反射波の影響を避けるための発泡スチロール板（厚さ 150mm）を配置した。対象となるコンクリート供試体の寸法は L1000mm × B300mm × H250mm である。粗骨材の異なる 2 種類の基本配合のコンクリートを用いて実験を行った。内部振動機は直径 40mm、出力 28W、振動数 12000r.p.m である。加速度センサを図 3 のように 125mm の高さに 100mm 間隔で 6 点設置し、高さ 250mm となる量のコンクリートを投入した後、内部振動機を鉛直に 125mm の深さまで挿入して 10 秒間締固めを行った。

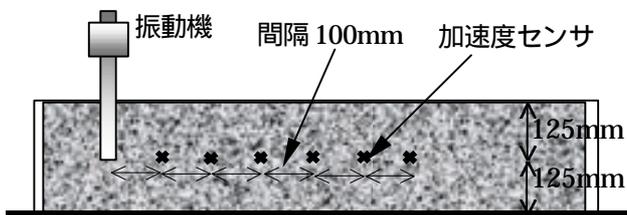


図 3 加速度センサ設置位置

### 5.2 実験結果及び考察

測定した加速度の乱れを考慮し、 $1.0 \pm 0.5$  秒の間の最大加速度の平均値を 1 秒における最大加速度とした。同様に、各センサの 2 秒から 10 秒までの最大加速度を求めた。図 4 は振動機からの距離と、1 秒、5 秒および 10 秒における加速度との関係を示す。振動機から 10cm 離れた位置における酸化スラグコンクリートの加速度が砕石コンクリートの加速度に比べて明らかに小さい。また、両コンクリートとも、20cm

離れた位置の加速度は 30cm の位置よりも小さい。これは振動機近傍の 20cm 程度の範囲が液状化などの影響によるものと推察される。液状化の範囲である 20cm を超えると、酸化スラグコンクリートと砕石コンクリートの加速度はほぼ同じとなる。各時間の加速度から締固めエネルギーを計算し、それらを累加して締固め完了時間を求めた。結果を図 5 に示す。振動機からの距離が 40cm を超えると締固め完了時間が急激に増大する。酸化スラグコンクリートの場合、振動機から 10cm 離れた位置のコンクリートの締固め完了時間が 1.3 秒であったのに対し、振動機からの距離 40cm で 2.6 秒、50cm で 9.2 秒、60cm で 17 秒である。これらのことから、内部振動機でコンクリートの締固めを行う場合には、締固め過不足の影響を踏まえ、適当な振動時間と適当な挿入間隔を設定する必要があると言える。W=173kg/m<sup>3</sup>、W/C=50%、s/a=43% の砕石コンクリートおよび酸化スラグコンクリートの場合（スランプ 9.0cm あるいは 8.0cm）振動時間を 4 秒、挿入間隔を 70cm とすることが最も効率的であることを示している。

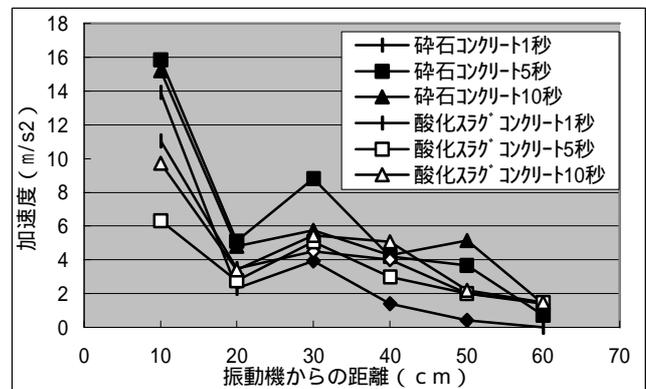


図 4 砕石コンクリートおよび酸化スラグコンクリートの加速度分布

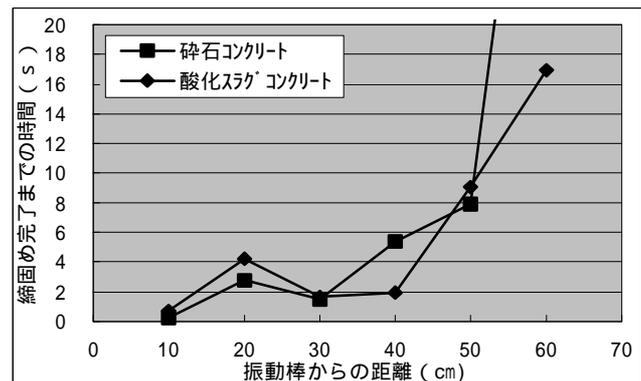


図 5 振動機からの距離と締固め完了時間との関係

## 6. まとめ

- (1) 砕石コンクリートおよび酸化スラグコンクリートは締固めに関する最適細骨材率を有し、それぞれ 39%、45% である。この違いは粗骨材粒子間の噛み合わせによるものと考えられる。また、酸化スラグコンクリートは、細骨材率の変化の影響を大きく受ける。
- (2) 今回の条件においては、振動時間を 4 秒、挿入間隔を 70cm とすることが最も効率的であると判断された。