

[57] コンクリートの材料分離に及ぼす細骨材率の影響

正会員 ○ 加賀谷 誠 (秋田大学鉱山学部)
 正会員 徳田 弘 (秋田大学鉱山学部)
 正会員 川上 淳 (秋田大学鉱山学部)
 熊谷 雅毅 (秋田大学鉱山学部)

1. まえがき

コンクリート構造体内における構成材料の不均一は部材の力学的性質と供試体のそれとの間に差を生じさせ、構造物の安全性を損う場合があると考えられる。このような構成材料の不均一を生ずる原因の1つは、コンクリートの打込みおよび締固め時における材料分離に起因するものである。

これまで、コンクリートの材料分離に関して多くの研究報告があるが、打設後のコンクリート中における組成変動に関する報告は少なく、前述の問題への対策となり得るデータを蓄積する必要がある。本研究は、振動締固めによって生ずる角柱コンクリート供試体の組成変動に及ぼす細骨材率の影響について、実験的検討を加えたものである。

2. 実験概要

(1) 使用材料と配合

普通ポルトランドセメント、川砂（比重2.54、吸水率2.73%、F.M.2.83）、川砂利（比重2.54、吸水率2.90%、F.M.7.11、最大寸法25mm）を使用した。表-1はコンクリートの配合を示す。スランプ=100+1cm、W/C=0.50として、細骨材率を27.5%から38.3%に変化させた。

(2) 供試体の作製

コンクリートを $15 \times 15 \times 30$ cmの角柱型わくに打設した。打設時に使用した棒状内部振動機の性能は、最大振幅1.0mm、振動数210Hz、棒径2.5mmであり、標準締固めと過剰振動締固めを行なった。振動時間は各々30～50秒と180秒であった。

(3) 柱状コンクリート供試体中の組成変動の測定

供試体高さ方向の各位置におけるコンクリートの配合を求めるため、組成分析用供試体と空気量測定用供試体をそれぞれ作製した。ブリッジング試験を終了した組成分析用供試体から高さ方向の層厚が約7.5cmの試料を4個採

表-1 コンクリートの配合

Gmax. (mm)	SL. (cm)	Air (%)	W/C (%)	s/a (%)	Unit weight (kg/m ³)			
					W	C	S	G
25	10±1	1.3±0.2	49.9	27.5	170	341	491	1293
			49.9	30.2	167	335	552	1273
			49.9	33.0	168	337	595	1209
			50.0	38.3	183	366	666	1073

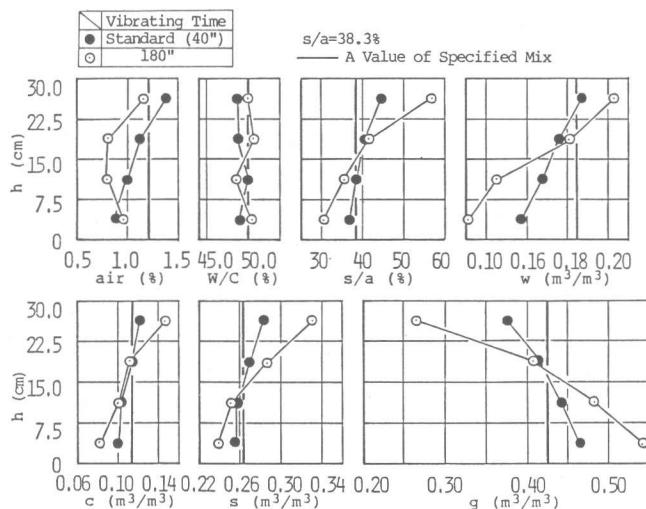


図-1 組成の高さ方向分布

取した。これらの試料から、5 mm ふるいを用いてウェットスクリーニングにより少量のモルタルを採取し高周波加熱による脱水と乾燥試料の塩酸溶解および水酸化ナトリウム溶液による滴定を行ない水セメント比を測定した。モルタル試料を採取して残ったコンクリート試料について 0.088 mm および 5 mm ふるいを用いて洗い分析を行ない細骨材および粗骨材重量を測定した。これらの結果から各コンクリート試料中に含まれる組成重量を決定した。次に、ブリージングが終了した空気量測定用供試体から、組成分析を行なった時と同じ位置で、形状を乱さないように試料を採取した。水を満たしたワシントン型エアメータの容器に試料を入れ、あふれ出た水量から供試体の体積を求めた後ふたをして空気量を測定し、その結果から採取したコンクリート試料中の空気量を算定した。この空気量と各組成重量から供試体中の各位置におけるコンクリートの配合を求めた。なお、試料の採取位置を上部からそれぞれ第 1, 2, 3 および 4 層と呼ぶことにした。

3. 実験結果と考察

(1) 細骨材率と振動締固めによる組成変動の関係

図-1 は、一例として、 $s/a = 38.3\%$ のコンクリートに標準および過剰締固めを行なった時に生じた組成の高さ方向分布を示したものである。空気量は、供試体第 1 層から第 4 層へと減少する傾向にあり、過剰締固めの場合、標準締固めの場合より 0.2 ~ 0.3 % 程度低下する傾向が認められた。水セメント比の高さ方向分布の変動傾向は、標準および過剰締固めの場合とも明りょうでない。細骨材率および水、セメント、細骨材の各単位量は第 1 層から第 4 層へと減少する傾向にあり、単位粗骨材量はこれらと逆の傾向を示す。また、これらの各量の変動は、過剰に締固めるほど大きくなり、特に、粗骨材の変動が著しい。この結果から、標準締固めを行なった場合でも、供試体上下間には示方配合と異なるコンクリートが存在し、さらに締固め程度を過剰にすると不均一性の増加が確認された。このようにコンクリートを締固めると多かれ少なかれ必ず材料分離は生ずるのであるが、その程度ができるだけ少ないコンクリートを作製する必要がある。そこで、表-1 に示したスランプおよび水セメント比が一定であり細骨材率の異なるコンクリートの材料分離程度について次のような検討を加えた。

図-1 によると、各単位量およびそれらの比率のほとんどは第 1 層から第 4 層へと増加あるいは減少する傾向にあるので、第 1 層と第 4 層における各値の差を組成変動の目安とした。図-2 は、細骨材率と組成変動量の関係を示したものである。空気量および水セメント比の変動と細骨材率の間の関係には明らかな傾向が認められなかったが、過剰締固めを行なうと標準締固めの場合より変動が大き

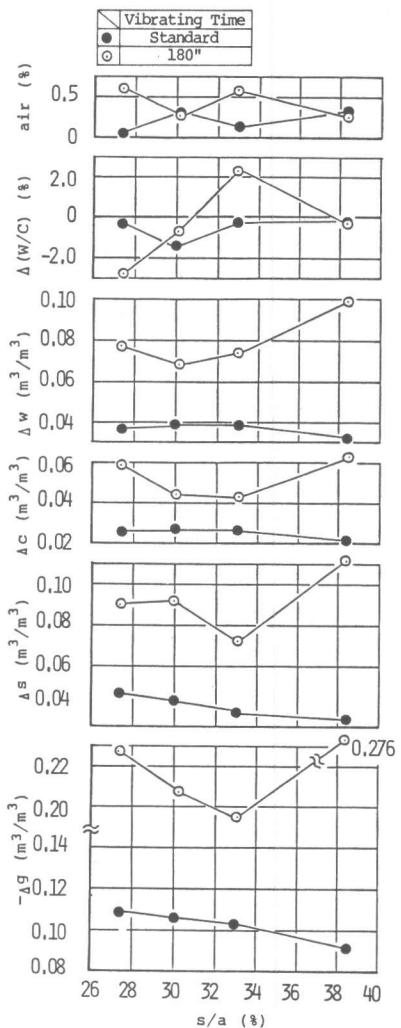


図-2 細骨材率と組成変動の関係

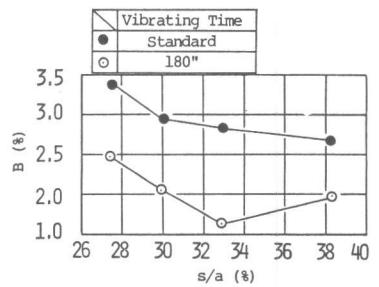


図-3 細骨材率とブリージング率の関係

くなるようである。標準締固めにおける単位水量および単位セメント量の変動量、 Δw 、 Δc は、細骨材率の変化によってほとんど影響を受けないようである。また、単位細骨材量および単位粗骨材量の変動量 Δs 、 Δg はわずかであるが細骨材率の増加に伴って減少する傾向が認められる。過剰締固めにおける各単位量の変動量は細骨材率が30.2あるいは33.0%の配合のとき最小となり、これらのコンクリートは材料分離に対する抵抗性がすぐれていることを示している。たとえば、細骨材率が27.5%のコンクリートはミキサから排出時に粗骨材粒子とモルタルが分離し、あらあらしいものであったし、また、細骨材率が38.3%のコンクリートはプラスチックではあるが、締固め程度を過剰にすると内部での不均一性が他の細骨材率のものよりも大きくなつた。したがつて、所要のワーカビリティーが得られる範囲内で、単位水量が最小となるような細骨材率を選択することは、材料分離抵抗性にすぐれた均一なコンクリートを作る上で重要である。

(2) 細骨材率とブリージング率の関係

図-3は細骨材率とブリージング率の関係を示したものである。標準締固めを行なつた場合、ブリージング率は細骨材率の増加に伴つて減少する傾向にあり、過剰締固めを行なつた場合、細骨材率33.0%で最小となつた。この傾向は、図-2における細骨材率と各単位量の変動量の関係が示す傾向と同じであつた。過剰締固めを行なうと標準締固めを行なつた場合よりブリージング率が小さくなつておる、過剰に締固めた場合内部組成の変動量が増加するのとは逆の傾向を示している。これは、過剰締固めによって、粒径の大きい粒子が沈み、細かい粒子が浮上するため、上層部のモルタルが微細な粒子から構成されることになり、このモルタルに材料分離が生じにくくなつたことによると考えられる。

(3) 各粒径骨材量の変動

図-2において示されたように、振動締固めによって生じる組成変動の中でも骨材量の変動が顕著であり、これがコンクリートの材料分離を助長しているものと考えられる。まず、供試体各位置におけるコンクリート中の骨材の粒度を調べ、一例として、細骨材率が38.3%のものを図-4に示した。これは組成分析を行なつた時、0.088mmおよび5mmふるいに残留し

た細骨材および粗骨材のふるい分け試験を行なつて求めたものである。第1層中の骨材は標準締固めであつても細かい粒子が増加し、粒子寸法の大きいものは減少することを示している。また、第4層目では、細かい粒子が減少し、粒子寸法の大きいものは増加することを示している。締固め程度を過剰にするとその傾向はさらに著しいものとなり、示方配合における骨材の粒度と異なつてくる。そこで、各寸法の骨材粒子の挙動を知るため、図-5に、

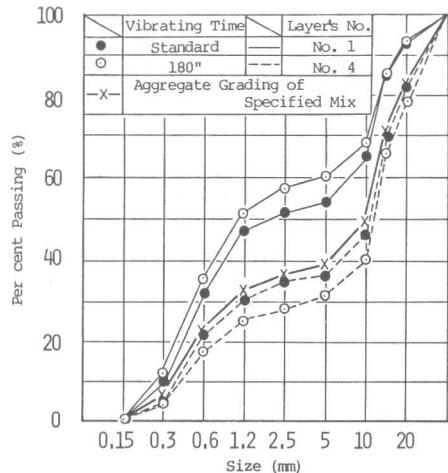


図-4 骨材の粒度分布

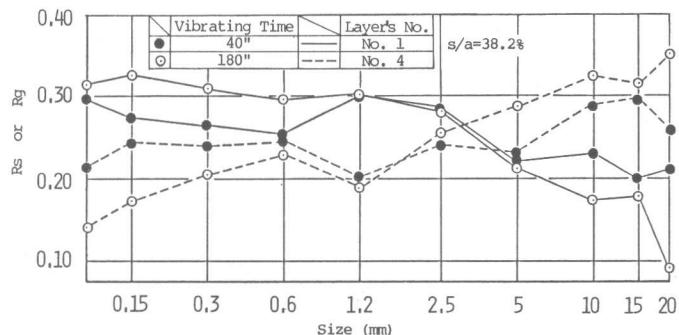


図-5 各粒径の骨材量変化率

一例として、細骨材率が 38.3 % のコンクリートにおける第 1 層および第 4 層の各粒径の骨材量変化率 R_s or R_g を示した。ある粒径の骨材量変化率とは、供試体中におけるある粒径の骨材全量中に占める各層中におけるある粒径の骨材量の割合を示したものである。ある粒径の骨材が第 1 層から第 4 層にかけて均等に分散しているならば、骨材量変化率は 0.25 となる。第 1 層では、骨材量変化率が粒径の増加に伴って減少し、第 4 層では逆の傾向を示しており、この傾向は締固め程度を過剰にするほど顕著となる。たとえば、過剰締固めの場合、粒径 20 ~ 25 mm の骨材量変化率は、第 1 層において 0.09 であり、第 4 層において 0.35 である。また、粒径 0.15 m 以下の骨材量変化率は、第 1 層において 0.31 であり、第 4 層において 0.14 である。さらに、粒径 2.5 ~ 5 m の骨材量変化率は両層においておよそ 0.25 である。このことは、2.5 ~ 5 m 以下の粒子は下部から上部へ浮上し、2.5 ~ 5 m 以上の粒子は沈下することを示すものであって、粒径の小さいものあるいは大きいものほど上下方向の移動が大きいと考えられる。図-6 は細骨材率と粒径 0.3 ~ 0.6 m および 20 ~ 25 m の骨材量変化率の関係を示したものである。細骨材率が 33.0 % のコンクリートにおいて、第 1 層および第 4 層の骨材量変化率が 0.25 に最も近い値となったことから、振動締固めによって、骨材粒子の上下移動が最も少なくなったものと考えられる。この結果から、コンクリートの材料分離に対する抵抗性と細骨材率との間にには密接な関係があるものと思われる。

4. 結論

本研究で得られた結論は次のとおりである。

- (1) 標準締固めを行なった場合であっても、各単位量の上下方向の分布は不均一となる。過剰に締固めた場合、その不均一性はさらに著しくなるが、適切な細骨材率を選択することによってこれを最小にできる。
- (2) 振動締固めによって、2.5 m 以下の粒子は浮上し、それ以上の粒子は沈下する傾向にある。適切な細骨材率を選択することによってこの移動傾向を減少させることができる。
- (3) ワーカブルなコンクリートが得られる範囲で単位水量が最小となるような細骨材率を選択すれば振動締固めによって生ずる材料分離を少なくすることができる。
- (4) 標準締固めを行なったコンクリートのブリージング率は細骨材率の増加に伴って減少する傾向にある。過剰締固めを行なった場合のブリージング率は標準締固めの場合よりも小さくなり、かつ、材料分離が最小となる細骨材率において最小値を示す。

参考文献

- 1) 加賀谷誠、徳田弘、川上洵、振動締固めによるコンクリートの内部組成と力学的性質の変動について、第 2 回コンクリート工学年次講演会講演論文集, pp. 105 - 108, 1980
- 2) 田中満、西田勇二、加賀谷誠、コンクリートの材料分離に及ぼす配合要因の影響、土木学会東北支部技術研究発表会, 1981.3
- 3) 西田勇二、田中満、加賀谷誠、高周波加熱と洗い分析を併用したコンクリートの配合推定、土木学会東北支部技術研究発表会, 1981.3
- 4) 熊谷雅毅、加賀谷誠、徳田弘、振動締固めがコンクリートの骨材粒子の挙動に及ぼす影響、土木学会東北支部技術研究発表会, 1981.3
- 5) T.C. Powers, Properties of Fresh Concrete, Wiley, 1968.

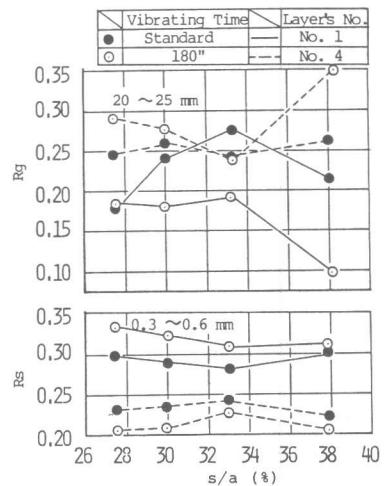


図-6 細骨材率と骨材量変化率の関係