

# 論文 高流動コンクリートの流動性と骨材の実積率

高山 俊一

要旨： 普通コンクリートでは骨材の実積率がスランプに大きく影響する。同様に、骨材の実積率が高流動コンクリートのスランプフローにどの程度影響を与えるか調べた。砂岩碎石および海砂に比べ、石灰石碎石および石灰石砕砂の実積率は3~4%大きかった。砂岩碎石と石灰石碎石を混合した場合、石灰石碎石が多くなるほど、すなわち実積率が大きくなるほど高流動コンクリートのスランプフローは若干であるが増加傾向がみられた。

キーワード： 高流動コンクリート, 実積率, コンシステンシー, 骨材, 石灰石

## 1. まえがき

コンクリートの価格はこの十数年ほとんど変化せず、逆に不況のために低下している地区もあると聞いている。また、少子化および3Kのために建設現場に若年労働者が集まりにくくなっている。このような逆風の中で、省力化および高品質となり得る高流動コンクリートに対する期待は、大きいものと考えられる。北九州地区では、近隣で石灰石が産出することもあり、骨材に石灰石を混合して使用し、高流動コンクリートを製造する場合がみられる。そこで、石灰石を骨材の一部として用いた場合の高流動コンクリートの流動性および混合骨材の実積率を測定し、両者の関係を調べた。比較のために、同一材料で、類似し

た配合にて普通コンクリートのスランプを測定した。

## 2. 実験概要

2.1 使用材料 表-1に使用材料の種類と物理的性質を示す。細骨材は海砂と石灰石砕砂の2種類を使用した。海砂の実積率は66.6%、石灰石砕砂は69.1%である。粗骨材は硬質砂岩碎石(2005最大寸法20mm,実積率58.4%および1305最大寸法15mm,実積率63.0%)と石灰石碎石(最大寸法20mm,実積率63.5%)を使用した。また、微粉分としては比表面積が7490cm<sup>2</sup>/gの石灰石微粉末(炭酸カルシウム)を使用した。高流動コンクリートには高性能減水剤の主成分がポリカルボン酸系(密度1.10g/cm<sup>3</sup>)のものをを用いた。普通コンクリートに使用したAE減水剤は、主成分

表-1 使用材料の物理的性質

材料の種類	物理的性質
普通ポルトランドセメント	密度 3.15g/cm <sup>3</sup>
石灰石微粉末	比表面積 3300 cm <sup>2</sup> /g
海砂	密度 2.70 g/cm <sup>3</sup> 比表面積 7490 cm <sup>2</sup> /g
石灰石砕砂	密度 2.55 g/cm <sup>3</sup> 吸水率 1.50% 粗粒率 2.59 実積率 66.6%
硬質砂岩碎石	密度 2.65 g/cm <sup>3</sup> 吸水率 1.05% 粗粒率 2.69 実積率 69.1%
2005	密度 2.73 g/cm <sup>3</sup> 吸水率 0.80% 最大寸法20mm,粗粒率 6.74,実積率 58.4%
1305	密度 2.58 g/cm <sup>3</sup> 吸水率 0.60% 最大寸法15mm,粗粒率 6.24,実積率 63.0%
石灰石碎石	密度 2.67 g/cm <sup>3</sup> 吸水率 0.81% 最大寸法20mm,粗粒率 6.67,実積率 63.5%

表-2 実験項目

シリーズ番号	一定とする骨材の種類	変化する骨材の種類
I	海砂	碎石2005:1305の混合比率を変化
II	石灰石砕砂	碎石2005:1305を60:40の一定。
III	海砂	碎石:石灰石碎石の混合比率を変化
IV	石灰石砕砂	碎石:石灰石碎石の混合比率を変化
V	碎石2005:1305=60:40	海砂と石灰石砕砂の混合比率を変化

がリグニンスルホン酸化合物とポリオール複合体である。

2. 2 実験項目 実験は表-2に示すように5シリーズに分けて行った。本研究は平成11年から行い、その一部を平成12年に報告<sup>1)</sup>したが、さらに継続実験を行ったのでまとめて報告する。シリーズI~Nは、細骨材を同一として、粗骨材の混合比率を変化させた。シリーズIIIおよびNは碎石2005と碎石1305の混合比を60:40と一定として、碎石と石灰石の混合比率を変化させてコンシステンシーを測定した。シリーズVは、粗骨材を碎石2005:1305=60:40の一定とし、海砂と石灰石砕砂との混合比率を変えて実験を行った。

測定項目はスランブフロー試験のスランブフローおよび各混合した骨材の実積率である。骨材の単位容積試験は全ての混合比率について行い、実積率を求めた。スランブフロー試験は、スランブコーンを使用し、一度にコーンの上端までコンクリートを詰め、棒突きを行わず、スランブ

フローの広がりスケールにて測定した。鉄板は寸法が90×90cmの大型のものを使用した。表-3に高流動コンクリートの配合の一例を示す。目標のスランブフローは600mmである。著者が以前測定した空気量が約1%であったため、目標空気量は1%とした。水セメント比が50%、細骨材率が50.3%および炭酸カルシウム量が150kg/m<sup>3</sup>は、全ての配合で一定とした。比較のために行った普通コンクリートの配合を表-4に示す。目標スランブは10cmである。水セメント比が52.0%とし、炭酸カルシウムは使用していない。

練混ぜは50リットル用パン型強制練りミキサーを用いて行った。

表-5にコンクリートの温度を示す。高性能減水剤を多量に添加した高流動コンクリートは温度に敏感であるためコンクリート温度を測定した。高流動コンクリートは8~10月に1回目の試験を行ったが、測定値にばらつきが大きかったため、1月に再度試験を行った。本論文のデータは、全て1月に行った測定値である。普通コンクリートは11~12月に練混ぜ・試験を行った。

表-5 コンクリートの温度

高流動コンクリート 8~14°C	普通コンクリート 10~17°C
---------------------	---------------------

表-3 高流動コンクリートの配合の一例(シリーズII)

スランブ フロー mm	水セメ ント比 %	細骨 材率 %	空 気 量 %	混合 比率	単位量(kg/m <sup>3</sup> )							高性 能減 水剤	
					水	セ メ ン ト	炭酸 カル シ ウム	細骨材		粗骨材			
								石灰石 砕砂	海砂	石灰石 砕砂	碎石 2005		碎石 1305
600	50	50.3	1	100:0	164	340	150	886	-	-	890	0	6.0
				75:25							668	210	
				50:50							445	421	
				25:75							222	631	
				0:100							0	841	

表-4 普通コンクリートの配合の一例(シリーズII)

スラ ンブ cm	水セメ ント比 %	細骨 材率 %	空 気 量 %	混合 比率	単位量(kg/m <sup>3</sup> )							A E 減水 剤	
					水	セ メ ン ト	炭酸 カル シ ウム	細骨材		粗骨材			
								石灰石 砕砂	海砂	石灰石 砕砂	碎石 2005		碎石 1305
10	52	45	4	100:0	168	327	-	819	-	-	1029	0	1.6
				75:25							772	243	
				50:50							515	486	
				25:75							257	730	
				0:100							0	973	

### 3. 結果および考察

図-1 にシリーズ I および II の硬質砂岩碎石 2005 (以下, 碎石2005と略す) と硬質砂岩碎石 1305 (以下, 碎石1305と略す) の混合比, シリーズ III および IV の砂岩碎石と石灰石碎石の混合比ならびにシリーズ V の海砂と石灰石碎砂の混合比と実積率の各関係を示す。同図によると, 碎石2005 と碎石1305 の混合の場合, 碎石1305 の混合量が多くなるほど実積率が顕著に増大している。碎石と石灰石碎石の混合の場合ならびに海砂と石灰石碎砂の混合の場合, 石灰石碎石ならびに碎砂の混合量が多くなるほど実積率は大きくな傾向を示しているが, 石灰石の混合量が50%を越えても実積率はほぼ一定である。

骨材の混合比ならびに実積率とスランプフローおよびスランプの関係を図-2~図-11に示す。図-2 および図-3 はシリーズ I の碎石2005 と碎石1305 の混合比を変化させ, スランプフローおよびスランプを測定した結果である。図-1 に示されているように, 碎石2005 と碎石1305 の混合の実積率は碎石1305 の混合量に比例して大きくなっている。図-2 によるとスランプフローは碎石1305 の混合量が多くなるにしたがい, わずかであるが増加が認められる。ただし, 碎石1305 が100%の場合にはスランプフローが若

干減少している。スランプもスランプフローと同様な傾向を示している。最大寸法が異なる2種類の粗骨材を混合した図-3によると, 実積率が約4.5%も大きくなっているためにコンクリートの流動性も向上しているが, 最大寸法が小さい碎石1305のみでは実積率は大きい, スランプフローおよびスランプともは大きくなり, 逆に減少している。

図-4 および図-5 はシリーズ II で, 細骨材に石灰石碎砂を使用した場合の結果である。図-4 によると碎石1305 の混合量が多くなるにしたがい, スランプフローおよびスランプは増加がわずかにみられる。図-2 と図-4 を比較し, 碎

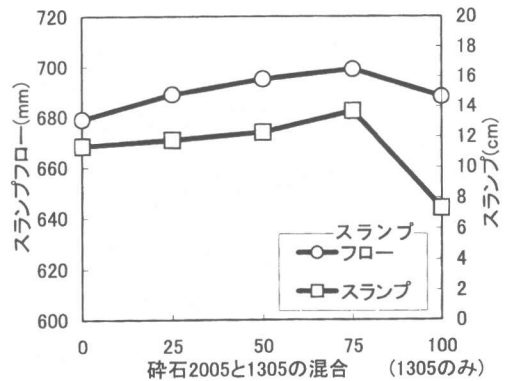


図-2 混合比率とコンシステンシー (シリーズ I)

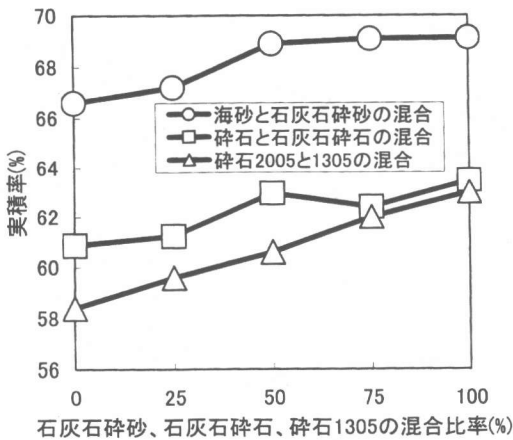


図-1 混合比率と実積率の関係

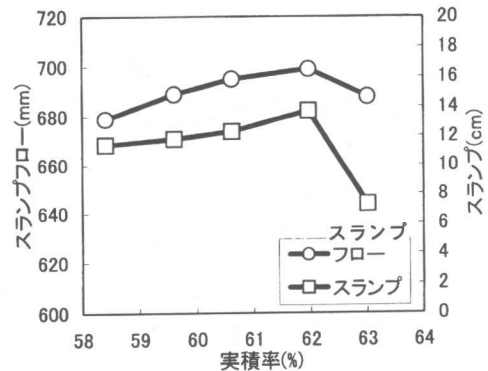


図-3 実積率とコンシステンシー (シリーズ I)

石1305が100%でのコンシステンシーの測定値が全く異なっている。なぜ、このような違いとなったかは不明である。図-2と図-4の両者から判断し、砕石2005と砕石1305の適当な混合比は砕石1305の混合量が50%以下と判断し、最適混合比を砕石2005：砕石1305=60：40とした。したがって、シリーズⅢ～Ⅴでは、砕石2005と砕石1305の混合を60：40として実験を行った。

図-6および図-7はシリーズⅢで細骨材に海砂を使用し、石灰石砕石と砂岩砕石（混合比は砕石2005：砕石1305=60：40である）を混合し、スランプフローおよびスランプの測定を行った結果である。図-6によると石灰石の混合量が

多いほど、スランプフローはわずかであるが大きくなる傾向が認められる。スランプもスランプフローと同様に、石灰石砕石の混合量が多くなるほど大きくなっている。図-7によると、砕石混合の実積率が約61%とかなり大きいこともあり、石灰石を混合しても実積率の変化は約2.5%と小さい。実積率とスランプフローおよびスランプの関係では、スランプに若干ばらつきがみられるが、スランプフローならびにスランプとも実積率の増大にしたがって若干大きくなっている。

図-8および図-9はシリーズⅣで細骨材に石灰石砕砂を使用し、測定したコンシステンシーを示す。図-8によるとスランプフローならび

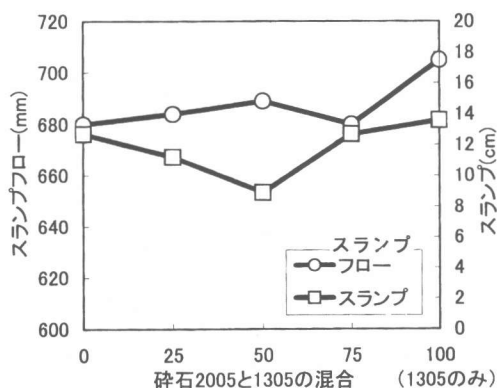


図-4 混合比率とコンシステンシー (シリーズII)

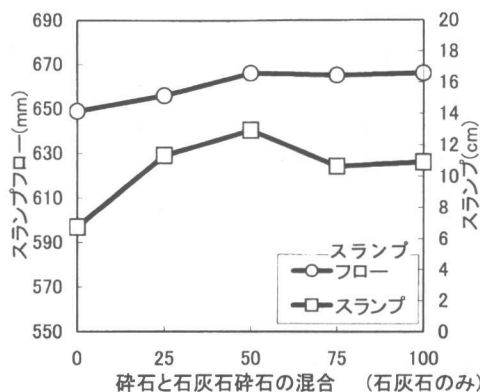


図-6 混合比率とコンシステンシー (シリーズIII)

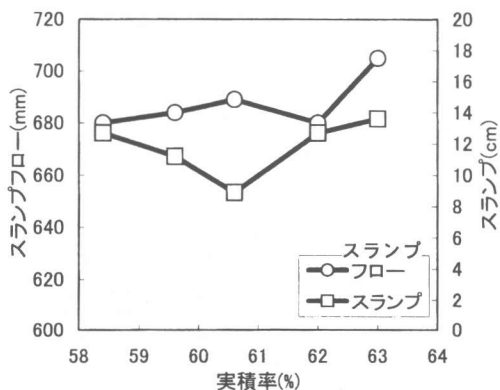


図-5 実積率とコンシステンシー (シリーズII)

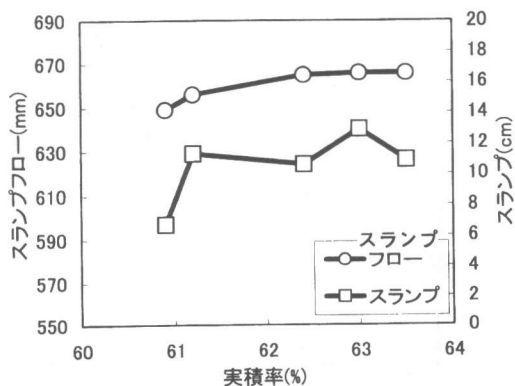


図-7 実積率とコンシステンシー (シリーズIII)

にスランプ両者は、石灰石の混合量が多くなってもほぼである。当初、石灰石砕石を混合することで、スランプフローが著しく向上するものと予想したが、それほどのスランプフローの増加は認められなかった。この理由としては、第1に、砕石混合の実積率が約61%であること、第2にとして、砕石を使用した高流動コンクリートのスランプフローが660~680mmを有し、骨材に石灰石を使用しても、流動増加の範囲が小さかったことなどが考えられる。

図-10および図-11はシリーズVで細骨材に海砂と石灰石砕砂の混合量を変化させ、コンシステンシーを測定した結果である。図-11の横軸

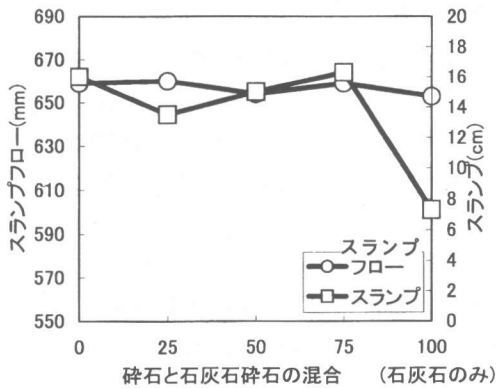


図-8 混合比率とコンシステンシー (シリーズIV)

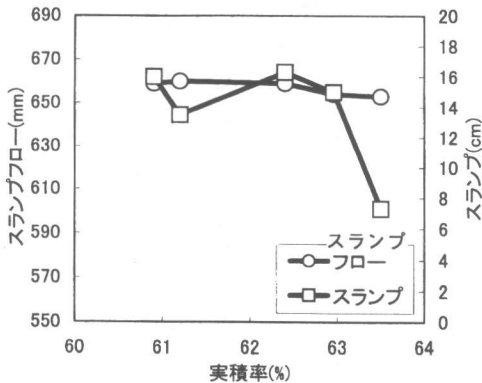


図-9 実積率とコンシステンシー (シリーズIV)

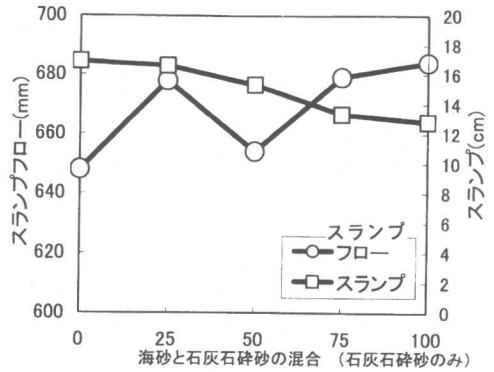


図-10 混合比率とコンシステンシー (シリーズV)

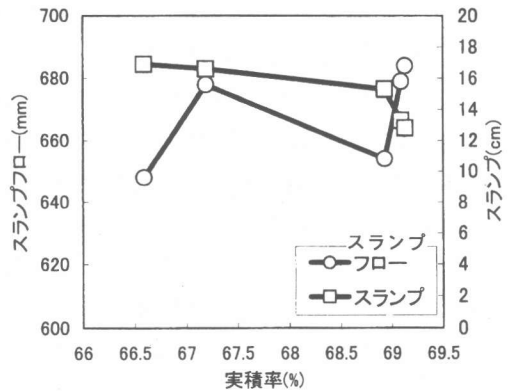


図-11 実積率とコンシステンシー (シリーズV)

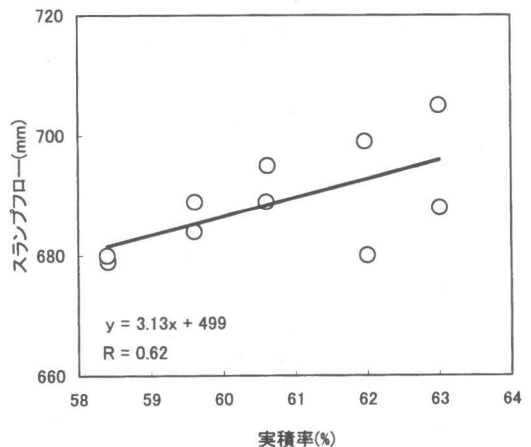


図-12 実積率とスランプフローの関係 (シリーズI・II)

は図-3や図-5などの場合と異なり、細骨材の実積率である。図-10によるとスランブフローは若干ばらつきがみられるが、石灰石砕砂の混合量が多いほど増加傾向がみられる。スランブは逆に石灰石砕砂の混合量が多いほどわずかであるが減少している。表-1に示すように、実積率は海砂が66.6%、石灰石砕砂が69.1%であるため、両者の実積率の差は2.5%と小さい。したがって図-11によると、実積率の違いによるスランブフローおよびスランブの変化は極めて小さくなったものとする。

図-12にシリーズIとIIの高流動コンクリートのスランブフローと実積率の関係をまとめて示す。同図によると、スランブフローは実積率が大きくなると、若干であるが増大している。したがって、スランブフローは粗骨材の実積率との関係が認められる。最小自乗法によって求めた回帰直線によると、実積率4%の変化は、スランブフローの12.5mmに影響するものとみられる。他方、岡田<sup>2)</sup>や山本<sup>3)</sup>らによると普通コンクリートでは粗骨材の実積率4%の変化に対し、スランブ6~7cmの変動が生じると報告している。

#### 4. まとめ

本研究から得られたことをまとめて示す。

(1) 最大寸法が異なる2種類の砂岩砕石を混合することにより、実積率およびスランブフローが向上することが明らかになった。

(2) 砂岩砕石と石灰石砕石の混合した高流動コンクリートのスランブフローは、石灰石の混合量が多くなってもわずかな増大に過ぎなかった。この理由としては、砕石と石灰石の実積率の違いが約2.5%に過ぎなかったこと、ならびに砕石のみでの高流動コンクリートのスランブフローが650~660mmと十分に流動しやすい状況であったことなどが考えられる。

今回、高流動コンクリートの流動性をスランブフローのみで判断しようとしたが、十分な成果が得られたとは思っていない。今後、U型充てん試験ならびに他の試験を実施し、骨材の実積率が高流動コンクリートの流動性にどの程度影響するか調べたいと考えている。

#### 参考文献

- 1) 高山俊一：高流動コンクリートの流動性と骨材の実積率，土木学会第55回年次学術講演会講演概要集，第5部，pp.192~193，平成12年9月
- 2) 岡田清他3名：土木材料学，国民科学社，p.162,1982.2
- 3) 山本泰彦：コンクリートのワーカビリティおよび強度におよぼす粗骨材粒の特質，コンクリートジャーナル，Vol.7, No.11, 1969