

シラスコンクリートの配合設計に関する検討

鹿児島大学大学院	学会員	奥地榮祐
鹿児島大学工学部	正会員	武若耕司
鹿児島大学工学部	正会員	山口明伸
鹿児島大学大学院	学会員	竹内一真

1. はじめに

川砂や陸砂の枯渇化に伴い、特に九州ではコンクリート構造物に用いる骨材に海砂を使用することが一般的になった。しかし、海洋環境保護の観点から海砂の確保も年々困難になりつつあり、海砂の盗掘が起こるなど、骨材不足の問題がより深刻化してきている。著者らは骨材不足の解消と未利用資源の有効活用 の立場から、南九州に広く多量に存在しているシラスのコンクリート用細骨材あるいは混和材としての適用性についての検討を進めている。最近では、鹿児島県が中心となってシラスコンクリートの実用化に向けた本格的な検討も開始され、これを使用した構造物の施工も行われるようになってきた。しかし、シラスはその産地によって物性が異なるため、この点を考慮した適切な配合設計資料の作成が必要となる。ここでは、このシラスの物性等を考慮した配合設計資料を作成するために実施した実験結果について報告する。

2. 実験概要

今回使用した材料は、セメントに普通ポルトランドセメント、粗骨材に始良産 2005 砕石および大浦産 4020 砕石、混和剤にポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤を使用した。細骨材には大隈半島の垂水産シラス、霧島地方の横川産シラス、薩摩半島の加世田産シラスと産地の異なる 3 種類のシラスを使用した。これら

表-1 シラスの物性

産地	垂水産	横川産	加世田産
表乾密度(kg/m^3)	1860	2190	2250
吸水率(%)	7.02	7.38	4.44
微粒分含有量(%)	24.9	23.7	16.6
F.M	1.33	1.41	1.38
単位容積質量(kg/l)	1.06	1.11	0.99
実積率(%)	61.1	54.1	45.9

のシラスの物性を表-1 に示す。いずれの産地のシラスも密度が小さい、吸水率が大きい、微粒分を多く含むといった特徴を有していることがわかる。しかし、その物性値は密度が 1860~2250 kg/m^3 、吸水率が 4.44~7.38%、微粉含有量が 16.6~24.9%とかなり幅があり、シラスがその産出する地域によ

表-2 川俣らの提案したシラスコンクリートの配合設計資料(プレーンコンクリート)

骨材最大寸法 (mm)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位水量 (kg/m^3)	目標スランプ (cm)
20	50	31	214	8
区分		細骨材率の補正	単位水量の補正	
スランプ1cmの増減に対し		補正しない	1.75%増減	
水セメント比5%の増減に対し		1%増減	1.5%減増	
粗粒率0.1の増減に対し		0.6%増減	0.6%減増	
空気量1%の増減に対し		1%減増	2%減増	
骨材最大寸法13mmの場合		4%増	8%増	

この表は粗骨材を砕石とし、細骨材としてFM1.58のシラスを使用した場合である。

川俣らの研究により、特定のシラスについては表-2 のようなシラスコンクリートの配合設計資料が提案さ

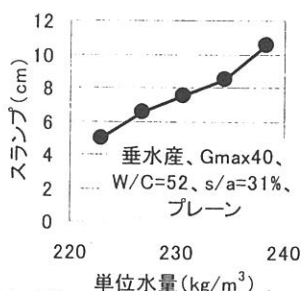


図-1 プレーンシラスコンクリートの単位水量とスランプの関係

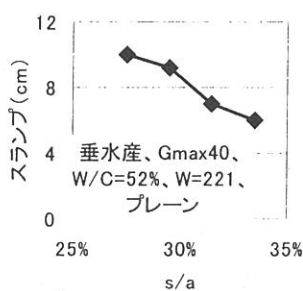


図-2 プレーンシラスコンクリートの細骨材率とスランプの関係

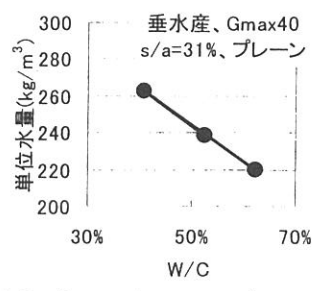


図-3 プレーンシラスコンクリートの水セメント比とスランプの関係

れている。今回の実験では、この資料では対応できない場合についての検討を行った。具体的には粗骨材最大寸法を 40mm にした場合の配合設計資料の作成、シラスコンクリートに高性能 AE 減水剤（以下 SP）を添加した場合の効果の確認、およびシラスの産地が異なる場合の補正方法についての検討である。

表-3 骨材最大寸法40mmの場合のシラスコンクリート配合設計資料

骨材最大寸法 (mm)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位水量 (kg/m ³)	目標スランブ (cm)
40	50	32	222	10
区分		細骨材率の補正	単位水量の補正	
スランブ1cmの増減に対し		補正しない	1.3%増減	
水セメント比5%の増減に対し		0~0.5%増減	2.3%減増	

この表は粗骨材を砕石とし、細骨材として垂水産シラスを使用した場合である。

3. 粗骨材最大寸法を 40mm にした場合の配合設計資料

垂水産シラスを使用した骨材最大寸法 40mm のプレーンシラスコンクリート（高性能 AE 減水剤無添加）の、 $W/C=52\%$ 、 $s/a=31\%$ の場合の単位水量とスランブの関係を図-1 に、 $W/C=52\%$ 、 $W=221$ の場合の細骨材率とスランブの関係を図-2 に、 $s/a=31\%$ の場合のスランブ 10cm を得るのに必要な単位水量と水セメント比の関係を図-3 に示す。これより、減水剤等の混入なしにシラスコンクリートの所要の流動性を確保するためには、単位水量を多く必要とすることが確認できる。表-3 には、これらの結果を基に作成した垂水産しらすを用いた骨材最大寸法 40mm のシラスコンクリートの配合設計資料を示す。

4. 高性能 AE 減水剤の効果

図-4 に高性能 AE 減水剤（SP）を添加した場合の減水効果について検討した結果を示す。ここで SP 添加量はセメントとシラスの粒径 $75\mu\text{m}$ 以下の微粒分に対する割合で示している。この結果から、SP を 0.9% 添加することで単位水量を約 200kg/m^3 まで減らすことができ、十分な減水効果が認められた。また、このことから、シラスコンクリートを使用する場合には単位水量削減の観点から、高性能 AE 減水剤を標準的に使用した方がよいものと思われる。

5. シラスの産地が異なる場合の補正方法

三種類のシラスを使用したシラスコンクリートについて、図-5 に最大粗骨材寸法 20mm、 $W/C=51\%$ 、 $s/a=32\%$ における単位水量とスランブの関係を示す。この結果から、産地が異なると、同一スランブを得るために必要な単位水量が明らかに異なることがわかる。この原因について検討するため、図-5 のデータからスランブがおおよそ 10cm のデータを抜き出し、シラスの実績率と単位水量の関係で整理したものを図-6 に示す。この結果、実績率と一定のスランブを得るために必要な単位水量との間に直線的な関係があることが確認された。実績率は粒度分布と粒子形状を複合して評価しているものと考えられ、シラスのように通常の細骨材と粒度分布が異なり、粒子形状も悪いものでは、その配合補正にあたって実績率を指標に用いるとよい様に思われる。

なお、図-7 には三種類のシラスを使用したコンクリートの材齢 28 日の圧縮強度を示した。これより、同一 W/C であっても、シラスの産地が異なる場合、圧縮強度も幾分異なるようであった。

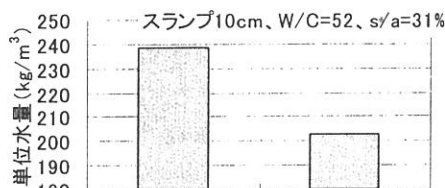


図-4 プレーンシラスコンクリートにおける高性能 AE 減水剤の効果

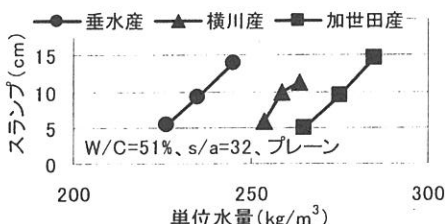


図-5 産地の異なるシラスを使用したプレーンコンクリートの比較

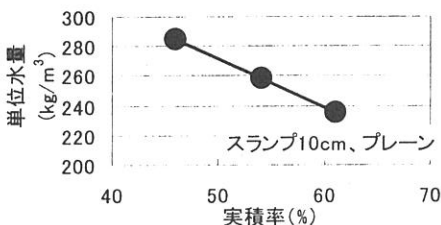


図-6 実績率と単位水量の関係

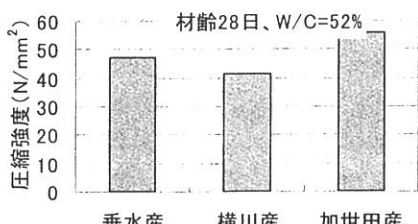


図-7 産地の異なるシラスを使用したコンクリートの圧縮強度の比較