

シラスバルーンを用いた高強度軽量コンクリートの諸性質について

九州東海大学 学生会員 外山和政
九州東海大学 正 会員 坂田康徳

1. はじめに

近年、高強度減水剤、高強度AE減水剤、流動化剤など種々の優れた混和剤の開発やシリカフェームの出現などによってコンクリートの高強度化、高耐久性が急速に進んでいる。また、一方で橋梁の長大化やビルの高層化などに伴ってコンクリートの軽量化、高強度化も大きな課題となっている。このような背景にあつて、より強い軽いコンクリートの開発はコンクリート工学における重要なテーマの一つと考える。本研究は、このような軽量コンクリートを製造するために、通常用いられている構造用人工軽量骨材を粗骨材とし、シラスバルーンとシリカフェームを使用したコンクリートの諸特性について実験的に検討したものである。

2. 実験概要

ここで使用した人工軽量骨材(G)は長崎県のQ社産のMA417で、細骨材(S₁)はこれを破砕機で5mm以下に破砕し、簡単な水洗いによって0.15mm以下の微粉末をおおよそ除去したものを使用した。また、細骨材の一部に鹿児島県のI産のシラスバルーン(S₂)を使用した。混和材料としてA社産のシリカフェーム(F)とK社産の高強度減水剤を使用した。コンクリートの配合は、単位水量(W)および細骨材(S)中のシラスバルーンの容積比S₂/Sが一定で水結材比W/(C+F)を変化させた場合、および、WとW/(C+F)が一定でS₂/Sを変化させた場合の2ケースとした。使用したセメント(C)は、早強ポルトランドセメントであり、供試体は各配合毎に直径10cm、高さ20cmの円柱形供試体を6本制作した。円柱形供試体の内の3本は標準養生、材齢7日で圧縮強度試験に、また他の3本は割裂引張強度試験に使用した。表-1は、ここで使用した各材料の特性値を、また表-2は製造メーカーが示すシラスバルーン(正式名称はウインライト)の化学成分を示している。さらに、表-3は本実験に使用した軽量コンクリートの配合条件および特性値を示している。

表-1 使用材料

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	Loss
70~77	12~17	1~3	2~4	1~3.5	0.5~2.5	2~7

表-2 ウインライトの化学成分(重量百分率)

材料	種類	比重
セメント	早強ポルトランドセメント	3.31
細骨材 S ₁	軽量骨材を砕いたもの	1.78
細骨材 S ₂	シラスバルーン(ウインライト)	0.31
粗骨材 G	軽量骨材(FAライト)	1.57
混和材 F	シリカフェーム	2.21
混和剤 K	マイティ150RA	1.23

表-3 軽量コンクリートの配合条件および特性値

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランパ (%)	空気量 (%)	単位容積 重量 (t/m ³)	水結材比 (%)	シラスバルーン 配合率 (%)
15	4.8	5.6	1.68	20	50
15	4.7	5.8	1.64	25	50
15	4.5	5.9	1.63	30	50
15	2.3	6.5	1.62	30	40
15	2.5	6.8	1.63	30	30
15	2.8	6.3	1.65	30	20
15	2.5	6.1	1.66	30	10
15	2.9	6.2	1.67	30	0

3. 実験結果及び考察

図-1, 図-2は単位水量 $W=120\text{ kg/m}^3$, シラスバルーン混合率 $S_2/S=50\%$ と一定にし、水結合材比 $W/(C+F)$ を20, 25, 30(%)と変化させた場合の圧縮強度(f_c')と引張強度(f_t)の変化状況を示している。圧縮強度、引張強度共に水結合材比の逆数 $(C+F)/W$ の増加につれて直線的に増加しており、一般的な傾向とよく一致していることが判る。また、この場合のぜい度係数 f_c'/f_t は1.4~1.6程度となっており、一般的な値より若干高くなっている。通常、コンクリートの強度が高いほどぜい度係数は大きくなる傾向があることから、ここで得られた値はその傾向にそうものと考えられる。しかしながら、 $W/(C+F)=20\%$ において $f_c'=58.6\text{ N/mm}^2$ のように、一般的な骨材を使用した場合の水結合材比に対する強度の出現状況がかなり低くなっているように思われる。これは、コンクリートの単位容積重量をより小さくするために、人工軽量骨材の他に軽くて強度の低いシラスバルーンを使用しているためと考えられる。

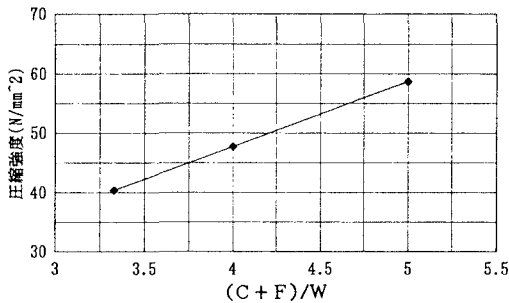


図-1 シラスバルーン混合率一定の場合の
 $(C+F)/W$ とコンクリートの圧縮強度との関係

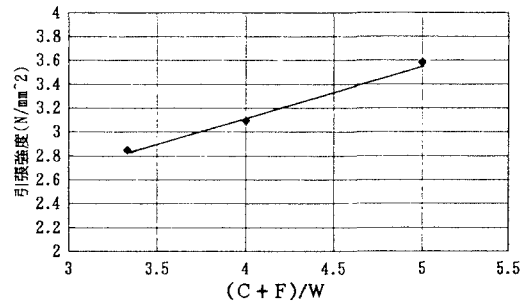


図-2 シラスバルーン混合率一定の場合の
 $(C+F)/W$ とコンクリートの引張強度との関係

図-3, 図-4は、シラスバルーン混合量がコンクリートの強度に及ぼす影響を調査するため、水結合材比一定(30%)で細骨材中のシラスバルーンの容積比 S_2/S を0~50%まで10%毎に変化させた場合の f_c' と f_t との関係を示したものである。若干のばらつきはあるものの、シラスバルーン混合量が多くなるに従って強度は徐々に低下する傾向があることが判る。ここで使用したシラスバルーンは直径約50~400 μm でその平均粒径が約150 μm 程度のかかなり細かい粒状を呈したシリカ質気球である。本実験では、コンクリートの圧縮強度を大きくするため、シリカフュームをセメント重量の20%混合し、高性能減水材を使用して水結合材比を極力小さく選らんだが、この際に添加するシラスバルーンはコンクリートのコンシステンシーをかなり低下させると共に粘性が大きくなるため、プラスチックシーを著しく大きくすることが判った。そのため、かなり柔らかいにもかかわらず通常のスランプ試験は行なえず、コンクリートがスランプコーンに付着しない様に、試験前にスランプコーンに薄いビニールシートを貼るなどの工夫が必要であった。

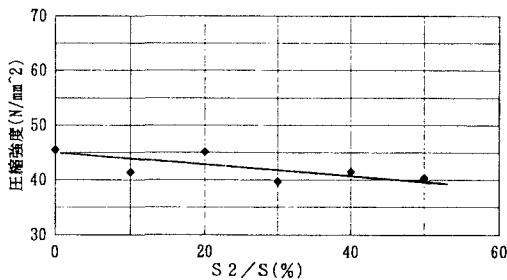


図-3 水結合材比一定の場合のシラスバルーン
混合率の変化とコンクリートの圧縮強度との関係

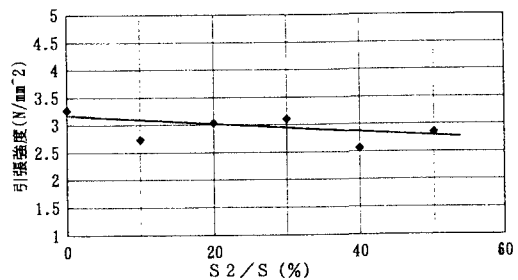


図-4 水結合材比一定の場合のシラスバルーン
混合率の変化とコンクリートの引張強度との関係