

高炉スラグ微粉末を用いた高流動コンクリートの強度発現性

新日鐵化学(株) 正会員 前田悦孝

新日鐵化学(株) 正会員 長尾之彦

九州共立大学工学部 正会員 松下博通

1. はじめに

近年、コンクリート工事の省力化、構造物の複雑化や施工環境の多様化に対応した合理化施工の推進を目的として、締め固めを必要としない高流動コンクリートの研究開発が盛んに行われている。高流動コンクリートは、高い流動性と材料分離抵抗性を確保するために、通常のコンクリートより単位粉体量を高めており、混和材として各種高炉スラグ微粉末（以下、スラグ微粉末と略す。）を用いた例が数多く報告されている。しかし、これまでは、充填性などフレッシュコンクリートに関する研究が多く、硬化コンクリートの品質に関してスラグ置換率の影響を系統的に調査した報告は少ない。

本実験は、粉末度6000cm²/g級のスラグ微粉末を用いた高流動コンクリートの強度発現性についてスラグ置換率と若材齢の水中養生期間の影響を調査したものであり、材齢28日迄の結果について報告する。

2. 試験方法

使用材料を表-1に示す。コンクリートの配合は、表-2に示したフレッシュコンクリートの性状を確保するため、各スラグ置換率ごとに単位結合材量を500kg/m³、単位水量を170kg/m³に一定とした予備実験を行って細骨材率、高性能A E減水剤の添加率、空気量調整量を求めた。置換率0%については、練り上がり直後のスランプフローを60cm程度とした場合、時間の経過に伴ってコンクリートが分離することが判ったため、スランプフローが最大となる20~30分後において所要の性状が得られるように高性能A E減水剤の添加率を定めた。配合を表-3に示す。

スランプフロー試験は土木学会規準『コンクリートのスランプフロー試験方法』に準じた。U型充填試験とO漏斗試験はそれぞれ参考文献[1],[2]の方法に準じた。空気量はJIS A 1128に、供試体の成型はJIS A 1132に準じたが、突き棒による締め固めは行わないこととした。打ち込み後は温度20℃-湿度60%の室内に静置した。材齢1日で脱型し、表-4に示す各条件で養生した。圧縮強度は材齢1,3,7,28日で、引張強度と曲げ強度は材齢28日で試験した。

3. 試験結果

3. 1 スラグ置換率の影響

圧縮強度の試験結果を図-1に、引張強度および曲げ強度の試験結果を図-2に示す。

圧縮強度は、水中養生期間によらず、材齢3日までは、スラグ置換率（以下、置換率と略す。）の増加に伴い低下した。しかし、材齢7日では

表-1 使用材料

材 料	記号	種 類
セメント	N	普通ポルトランドセメント、比重:3.15、粉末度:3280cm ² /g
高炉スラグ微粉末	Sg	粉末度 6150cm ² /g、比重 2.88、SO ₃ : 2.0%
細骨材	S1	藍島産海砂 比重 2.56、吸水率 1.53%
	S2	大島産海砂 比重 2.59、吸水率 1.31%
粗骨材	G	門司産砕石 Gmax:20mm、比重 2.72、吸水率 0.55%
高性能AE減水剤	SP	新日鐵/酸エーテル系と架橋剤7-の複合体
空気量調整剤	AE	新日鐵/シリカ-樹脂誘導体

表-2 フレッシュコンクリートの性状

項 目	性 状
スランプフロー (練混ぜ直後)	置換率30~70% 60.0±2.5 cm 置換率0% 53.0±2.0 cm
空気量	4.5 ± 1.0% (練混ぜ直後)
U型充填性試験 ¹⁾	充填高さ30cm以上。
O漏斗試験 ²⁾	閉塞や息つきのない流下状況が再現(2~3回)する。流下時間のバラツキは3秒以下。
分 離	ペーストやモルタルの流出、粗骨材の沈降やカブリが生じないこと

表-3 コンクリートの配合

スラグ置換率 (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						混和剤	
			水 W	結合剤 B		S1	S2	G	SP ×8%	AE (cc)
				C	Sg					
0	34	53	170	500	—	566	287	797	1.5	10
30	34	53	170	350	150	563	285	792	1.45	10
50	34	53	170	250	250	561	283	789	1.30	20
70	34	53	170	150	350	556	282	786	1.25	10

表-4 養生条件

略称	養生条件
水0	脱型→気中
水3	材齢3日 脱型→一気中 まで水中
水7	材齢7日 脱型→一気中 まで水中
標準	脱型→水中
水中: 温度20℃ 気中: 温度20℃-湿度60%	

置換率30, 50%において置換率 0%（以下、ポルト単味と称す。）と同等以上に達し、材齢28日では置換率50%で最大強度となり、いずれの置換率でもポルト単味を上回った。このように、6000cm³/g級のスラグ微粉末を使用した高流動コンクリートでも、通常コンクリートの場合と同様に、強度が最大となる置換率が材齢の経過に伴って高置換率側に移行することがわかる。

材齢28日では、図-2に示すように、引張強度と曲げ強度も置換率50%で最大強度となり、いずれの置換率でもポルト単味を上回った。これらの傾向は、水中養生期間が長い場合ほど顕著となった。

3. 2 水中養生期間の影響

図-1より、圧縮強度は各材齢とも水中養生期間が短いほど強度が低く、標準養生との強度差は材齢が経過するほど拡大した。但し、材齢 7日まで水中養生した場合は標準養生とほぼ同等の強度に達した。図-1と図-2を比較すると、引張強度は圧縮強度と同様の傾向を示しているが、曲げ強度は材齢 7日まで水中養生した場合も材齢 3日までの場合と同等の強度に止まった。

表-5に各条件で気中養生を行った場合と標準養生した場合の材齢28日における強度比（気中／標準）を示す。各強度とも置換率が高いほど、水中養生期間が短いほど強度比が小さくなる傾向があり、気中養生開始後の強度発現性は置換率が高いほど水中養生期間の影響を受けやすいことが伺われる。

図-3は、圧縮強度について、標準養生-材齢28日の強度（ σ_{cw28} ）に対する気中養生開始時までの強度（ σ_{cw} ）の発現率（ $\sigma_{cw}/\sigma_{cw28} \times 100\%$ ）を横軸にとり、表-5に示した材齢28日の圧縮強度比（気中／標準）との関係を示したものである。これより、材齢28日の気中養生と標準養生の強度比は、スラグ置換率によらず気中養生開始時の圧縮強度発現率により定まる関係があり、圧縮強度発現率が約65%を越えるまで水中養生を行うことにより材齢28日の圧縮強度は標準養生とほぼ同等の強度に達することが伺われる。

4. まとめ

6000cm³/g級のスラグ微粉末を使用した高流動コンクリートの強度は、初期材令では圧縮強度が高置換率側ほど低くなったが、材齢28日では圧縮、曲げ、引張ともに置換率50%で最大強度となり、いずれの置換率でもポルト単味を上回った。しかし、気中養生と標準養生の強度比（材齢28日）は置換率が高いほど水中養生期間の影響を受ける結果となった。但し、その強度比は、置換率によらず $\sigma_{cw}/\sigma_{cw28}$ によりほぼ定まる結果となった。

《参考文献》[1] 新藤竹文ほか：超流動コンクリートの基礎物性に関する研究
コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 13, No1, pp. 179-184, 1991
[2] 三浦律彦ほか：高速流動コンクリートに関する研究
コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 13, No1, pp. 185-190, 1991

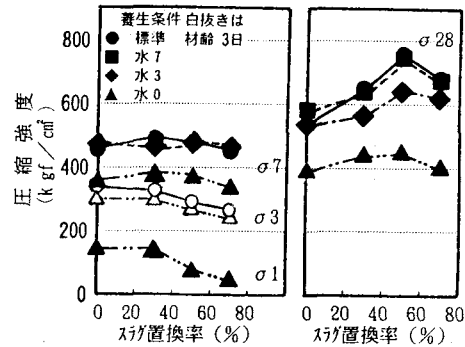


図-1 スラグ置換率と水中養生期間が圧縮強度に及ぼす影響

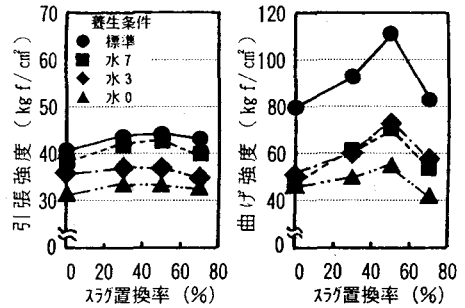


図-2 材齢28日の引張強度と曲げ強度に及ぼすスラグ置換率と水中養生期間の影響

表-5 標準養生と気中養生の28日強度比 (%)

スラグ置換率 (%)	圧縮強度			引張強度			曲げ強度		
	水0	水3	水7	水0	水3	水7	水0	水3	水7
0	73	101	108	76	95	94	59	64	60
30	68	87	99	76	90	96	53	64	66
50	59	85	98	75	83	96	49	65	63
70	59	91	99	75	81	92	50	69	65

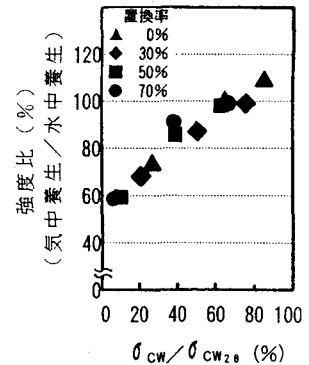


図-3 気中養生と標準養生の強度比（材齢28日）に及ぼす $\sigma_{cw}/\sigma_{cw28}$ の影響