

V-329

フレッシュコンクリートの流動特性に及ぼす混和材料の影響

北海道開発局 開発土木研究所 正会員 内藤 勲
 北海道開発局 開発土木研究所 正会員 堺 孝司

1. まえがき

近年、通常のコンクリートに比べて高い粘性を有するコンクリートや、無スランプコンクリートなどの特殊なコンクリートが使用されるようになってきている。また、混和材料として、高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどの利用が一般化し、セメントの性能が多様化している。従来、コンクリートのコンシステンシーを評価する場合、スランプ試験およびスランプフロー試験等が用いられてきたが、種々の用途に応じて開発された新しいコンクリートのコンシステンシーをこれらの試験だけで評価することは難しい。このようなことから、例えば、高い流動性のあるコンクリートに関しては、フレッシュコンクリートの性能をレオロジー的観点から評価することがなされている。

本研究では、主に高流動のコンクリートを対象に、フレッシュコンクリートの流動特性を、回転翼型粘度計より得られる塑性粘度および降伏値によって評価し、種々の混和材料がフレッシュコンクリートの流動特性に及ぼす影響について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

セメントは、普通ポルトランドセメントを用いた。混和材は、高炉スラグ微粉末、フライアッシュおよび石灰石微粉末(以下、石粉)を用いた。また、増粘材としてセルロース(水分:3.7%、粘度:50,500cP)を用いた。表-1に混和材の物理特性を示す。粗骨材は小樽見晴産の碎石を、細骨材は苫小牧樽前産の海砂を使用した。粗骨材の最大寸法は、25mmである。骨材の物理特性を表-2に示す。また、使用した混和剤の種類と成分を表-3に示す。

2.2 ツーポイント法

フレッシュコンクリートの流動特性を評価するのに、Tattersallらが提案しているツーポイント法を用いた。ツーポイント法は、回転数(N)とトルク(T)の関係からコンシステンシーを評価するものである。NとTは、一般的に $T = hN + g$ の直線関係で表すことができる。hおよびgは、それぞれ見かけの塑性粘度および見かけの降伏値である。hおよびgは、それぞれペンガム体の塑性粘度(μ_{pl})および降伏値(τ_f)と比例関係にあり、 $\mu_{pl} = (1/G)h$ および $\tau_f = (K/G)g$ であることが知られている。ここで、GおよびKは機械定数である。

試験のための試料は、コンクリートを50ℓのパン型強制練りミキサーを用いて練り混ぜ、4cmの敷モルタルを敷いた円筒容器(φ250×300cm)に三層に分けて投入し、各層突き棒で25回突き固めて作成した。試験は、回転翼を容器の中で回転させ、各回転数におけるトルクを測定した。回転数は10,20,30,40,50,60,70,80r.p.mの8段階に変化させた。

2.3 配合

表-4に、コンクリートの配合を示す。高炉スラグ微粉末の置換率は、60,65および70%とした。フライアッシュの置換率は、20%とした。石粉は、セメント量の20および30%を細骨材として扱った。セルロースの添加量は、300,400および500g/m³とした。また、配合15は、超流動コンクリートである。

3. 実験結果および考察

3.1 回転数とトルクの関係に及ぼす混和材料の影響

図-1に、回転数とトルクの関係に及ぼす高炉スラグ微粉末の影響を示す。配合0は、混和材料を使用していないコンクリートである。高炉スラグ微粉末を置換すると傾きは小さくなる。しかし、置換率を変化させても傾きはほぼ同じである。配合1および2の

表-1 混和材の物理特性

種	類	記号	粉末度 (cm ² /g)		比重
			呼び値	実測値	
高炉スラグ	微粉末	S4	4,000	4,050	2.91
フライアッシュ		F		3,340	2.13
石灰石粉末		石粉		4,890	2.73

表-2 骨材の物理特性

種別	比重	単位容積 kg/m ³	吸水率		収縮率		安定性		F M
			実測率 %	設計率 %	実測率 %	設計率 %	10日 損失率 %	28日 損失率 %	
粗骨材	2.88	1.810	1.31	88.2	0.85	5.80	-	2.70	
5~15mm	2.69	1.628	1.88	87.3	0.75	2.30	12.8	-	
15~20mm	2.69	1.670	1.44	87.3	0.85	2.30	11.0	-	
20~25mm	2.88	1.970	1.35	87.3	0.20	2.30	11.0	-	

表-3 混和剤の種類

品目	記号	主成分
A E 減水剤	AE	ウレタン系縮合化合物
高性能A E 減水剤	SP	ウレタン系縮合化合物

回転数0に対するトルク、すなわち、見かけの降伏値は配合0よりも大きくなるが、配合3はそれを下回る。また、置換率を増すにしたがって見かけの降伏値は小さくなる。

図-2に、回転数とトルクの関係に及ぼす石粉の影響について示す。石粉のみを用いた場合と高炉スラグ微粉末と石粉を合せて用いた場合、傾きは後者の方が小さくなる。また、石粉の置換率を変化させても、その傾きはほとんど変化していない。このことから、ここで用いた配合の範囲では、石粉はコンクリートの粘度に影響しないと言えよう。

図-3に、回転数とトルクの関係に及ぼす高性能AE減水剤と石粉の影響について示す。配合8は、高性能AE減水剤を使用したコンクリートである。石粉の置換率の増加と共に傾きは小さくなる。また、見かけの降伏値は、ほぼ同じである。

この結果は、高性能AE減水剤に石粉を組み合わせることによって、粘性が上がることを意味する。

図-4は、回転数とトルクの関係に及ぼすセルロースの影響について示す。配合11は、高炉スラグ微粉末、フライアッシュおよび高性能AE減水剤を加えたコンクリートである。セルロースの添加量の増加と共に傾きは小さくなる。また、見かけの降伏値も増加する。超流動コンクリートは、傾きが小さく、見かけの降伏値も小さい。

表-4 コンクリートの配合

配合	W/C	a/a	単位量					置換率			添加量 g/m ³	
			C	W	S	G	AE	SP	S4	F		石粉
0	48.3		145	868	1,053	3,750						
1	48.3		145	868	1,047	3,750			80			
2	48.3		145	868	1,048	3,750			85			
3	48.3		145	868	1,048	3,750			70			
4	61.7		166	862	1,040	3,750					20	
5	51.7		166	862	1,040	3,750					30	
6	51.7		166	847	1,030	3,750			65		20	
7	51.7		166	847	1,030	3,750			65		30	
8	48.3	45.0	145	859	1,048		2,100	65				
9	48.3		145	859	1,048		2,100	65		20		
10	48.3		145	859	1,048		2,100	65		30		
11	48.3		146	850	1,034		1,500	45	20			
12	48.3		145	850	1,034		1,500	45	20		300	
13	48.3		145	850	1,034		1,500	45	20		400	
14	48.3		145	850	1,034		1,500	45	20		500	
15	30.1	45.7	528	159	780	900		3,097	30	40		20

*配合15は、高炉スラグ微粉末の粉末度6,000cm²/gを使用。

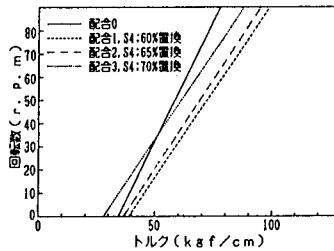


図-1 回転数とトルクの関係に及ぼす高炉スラグ微粉末の影響

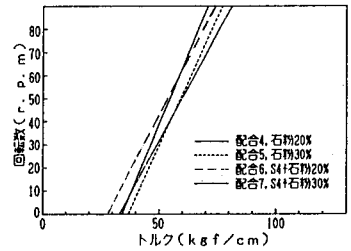


図-2 回転数とトルクの関係に及ぼす石粉の影響

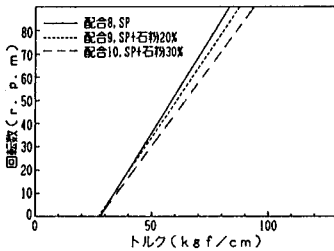


図-3 回転数とトルクの関係に及ぼす高性能AE減水剤と石粉の影響

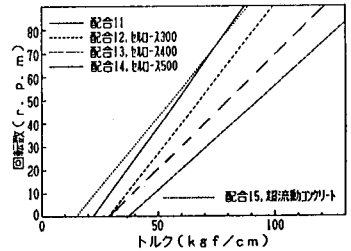


図-4 回転数とトルクの関係に及ぼすセルロースの影響

3.2 スランプとレオロジー定数 図-5にスランプと塑性粘度の関係を示す。高性能AE減水剤を使用した場合、AE減水剤を使用した場合より全体的に塑性粘度が大きくなるのがわかる。また、AE減水剤の場合、スランプが大きく異なっても、塑性粘度にあまり大きな違いは見られない。

図-6にスランプと降伏値の関係を示す。減水剤の違いによる影響は、明確ではないが、スランプが小さくなると降伏値は大きくなる。超流動コンクリートの降伏値は、他のコンクリートに比べて極めて小さいことが分かる。

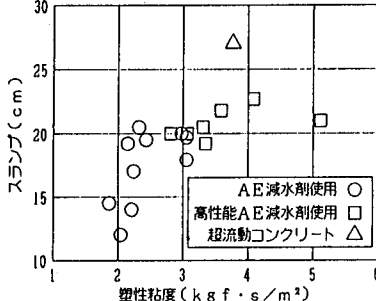


図-5 スランプと塑性粘度の関係

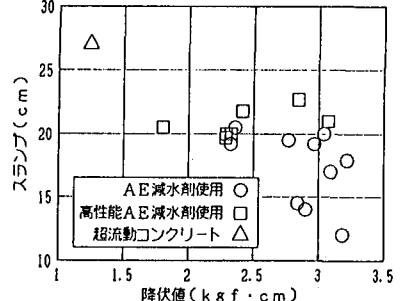


図-6 スランプと降伏値の関係