

報告 細骨材の粗粒率が高流動コンクリートのフレッシュ時の性状におよぼす影響

須藤 栄治*¹ 梶田 佳寛*² 五味 信治*³

要 旨：現在，施工の省力化や打込み欠陥の防止を目的とした高流動コンクリートの構造物への適用例が増加している．しかし，高流動コンクリートは締固め不要を原則としているために，その流動性や充填性が構造物の品質に直接影響する．本研究では，細骨材の粗粒率，水セメント比，混和材混入の有無を要因として，流動性および充填性について検討をしたものである．その結果，粗粒率は水結合材比が高い範囲では流動性に影響するが，低い範囲では影響は小さい．また，粗粒率が小さく，水結合材比が低い方が充填性は向上する．

キーワード： 高流動コンクリート，粗粒率，高性能AE減水剤，粗骨材比

1. はじめに

現在，施工の省力化や打込み欠陥の防止などを目的として，高流動コンクリートの構造物への適用例〔1〕〔2〕が増えている．しかし，高流動コンクリートは，締固め不要を原則としているため，フレッシュコンクリートの流動性や充填性が構造物の品質に直接影響する．そのため，高流動コンクリートの流動性や充填性について検討することが重要である．高流動コンクリートの流動性や充填性に影響する要因としては，細骨材の粗粒率，混和材の混入の有無等がある．そのうち，細骨材の粗粒率の影響に関する研究〔3〕〔4〕は現状では少ない．本報告では細骨材の粗粒率を中心に，水セメント比，混和材の混入の有無を要因として，高流動コンクリートの流動性および充填性について検討したものである．

2. 実験概要

2.1 要因と水準

表-1 実験の要因と水準

要 因	水 準
水セメント比	35, 40, 45%
細骨材の粗粒率	2.22, 2.75, 3.29
混和材混入の有無	有(混入率50%), 無

表-1に実験の要因と水準を示す．実験の要因としては，細骨材の粗粒率，水セメント比，混和材の割合とした．それぞれの水準では細骨材の粗粒率は2.22, 2.75, 3.29の3水準，水結合材比は35, 40, 45%の3水準，混和材の混入の有無は有（50%），無の2水準とした．

2.2 使用材料

表-2に使用材料を，図-1に骨材の粒度分布を示す．

細骨材の粗粒率は，細目が2.22，中目（質量比で粗目：細目＝50：50で混合した）が2.75，粗目が3.29であった．セメントは普通ポルトランドセメントを，混和材は高炉スラグ微粉末（比表面積4340m²/g）を使用した．混和剤はポリカルボン酸系高性能AE減水剤を，材料分離低減剤は

*1 日産建設（株）技術研究所 研究員，工修（正会員）

*2 宇都宮大学教授 建設学科（建築学講座），工博（正会員）

*3 日産建設（株）技術研究所 主任研究員

表-2 使用材料

材 料	品 質
セメント	普通ポルトランドセメント (比重3.16 比表面積 3270cm ² /g)
水	水道水
細骨材	細目 川砂 (表乾比重 2.61、吸水率2.61%、粒数率 2.22)
	中目 川砂+山砂 (粒数率 2.75)
	粗目 山砂 (表乾比重 2.61、吸水率2.59%、粒数率 3.29)
粗骨材	硬質砂岩 (表乾比重 2.66、吸水率0.65%)
混和材	高炉スラグ微粉末 (比重2.89、比表面積 4340cm ² /g)
混和剤	高性能AE減水剤 (ホ [®] リカル [®] ン [®])
	材料分離低減剤 (水溶性ホ [®] リサッカライド [®])

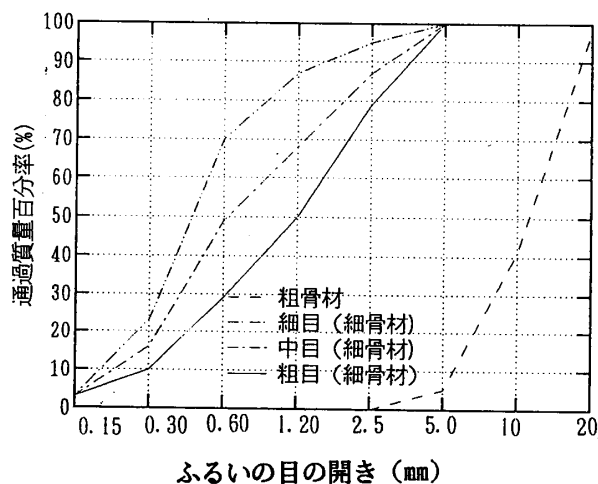


図-1 骨材の粒度分布曲線

表-3 調 合

調合名	水結合材比 (%)	高炉スラグの混入率 (%)	細骨材の粒数率 (%)	単位量 (kg/m ³)						材料分離低減剤 (g/m ³)	高性能AE減水剤の添加量 (cx%)	AE剤の添加量 (Cx%)	消泡剤の添加量 (Cx%)
				水	セメント	高炉スラグ [*]	粗骨材粗目	粗骨材細目	粗骨材				
45-1	45	0	2.75	175	389	-	466	466	798	175	3.0	0.006	0.004
45-2		50	3.29		194	194	918	-			1.9	0.006	0.004
45-3			2.75				459	459			2.0	0.001	0.004
45-4			2.22				-	918			2.1	0.002	0.004
45-S		0	2.75		389	-	388	388	958	-	0.6	0.008	0.008
40-1	40	0	2.75	175	438	-	445	445	798	175	2.1	0.002	0.004
40-2		50	3.29		219	219	877	-			1.9	0.008	0.004
40-3			2.75				439	439			2.0	0.002	0.004
40-4			2.22				-	877			2.1	-	0.008
40-S		0	2.75		438	-	367	367	958	-	0.6	0.008	0.008
35-1	35	0	2.75	175	500	-	422	422	798	175	2.5	0.004	0.004
35-2		50	3.29		250	250	820	-			2.1	0.008	0.004
35-3			2.75				410	410			2.2	0.004	0.004
35-4			2.22				-	820			2.2	0.006	0.004
35-S		0	2.75		500	-	343	343	958	-	1.0	0.010	0.008

水溶性ポリサッカライドを使用した。

2.3 調 合

高流動コンクリートの調合の目標値は、スランプフローが65±5cm、50cmフロー到達時間が5±2秒、空気量が4.5±1.5%とした。

表-3にコンクリートの調合を示す。コンクリートの調合は、単位水量は175kg/m³、単位粗骨材容積は300ℓ/m³、水結合材比を35、40、45%に設定した。高炉スラグ微粉末はセメントの質量の内割りで50%混入した。高性能AE減水剤は、目標スランプフローを満足するように添加量を決めた。なお、高性能AE減水剤の添加量は単位セメント量に対するものであり、分離低減剤は、単位水量の0.1%の添加量とした。

コンクリートは、強制パン型ミキサ（容量50ℓ）を使用した。練混ぜ方法は、細骨材とセメントを15秒間カラ練り、水と高性能AE減水剤を投入し30秒間練混ぜ後、粗骨材を投入し90秒間練混ぜた。その後、5分間静置し60秒間練混ぜて排出した。

表-4 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法
スランプ	JIS A 1102
スランプフロー	スランプ試験後 (JIS A 1102 ただし、突き数は5回)、スランプの広がりを測定する。
50cmフロー到達時間	スランプフローが50cmに達する時間を測定する。
フロー停止時間	スランプフローの停止時間を測定する。
空気量	JIS A 1128
U型充填試験	U型充填試験法 [5]
粗骨材の質量測定	U型充填試験後、投入側および排出側より2ℓの試料を採取し、5mmのふるいを使用し、5mmのふるいに残った粗骨材を測定した。
圧縮試験	JIS A 1108

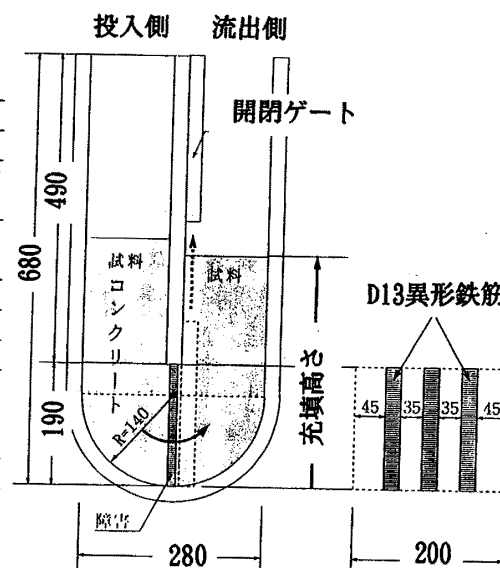


図-2 U型充填試験器

2.4 実験方法

表-4に試験項目と試験方法を、図-2にU型充填試験器 [5] を示す。試験項目は流動性試験ではスランプフローおよび50cmフロー時間、充填性試験ではU型充填試験および粗骨材の質量測定を行った。なお、充填性試験については、高炉スラグを混入した高流動コンクリートのみで行った。粗骨材比の測定方法は、U型充填試験終了後、投入側の上部および流出側の上部からコンクリートを各々2ℓ採取した。試料採取の順序は最初に流出側から行った。採取した試料は水を流しながら5mmのふるいでふるい、残った粗骨材を布で拭いて表乾状態にし、粗骨材の質量を測定した。粗骨材比を下式で算出し、その投入側と流出側の差で評価した。

$$\text{粗骨材比 (\%)} = \frac{\text{5mmのふるいに残った粗骨材の質量 (kg)}}{\text{計画調合における2ℓの粗骨材の質量 (kg)}} \times 100$$

$$\text{粗骨材比の差 (\%)} = \text{投入側の粗骨材比 (\%)} - \text{排出側の粗骨材比 (\%)}$$

3. 実験結果および考察

3.1 流動性についての影響

図-3に粗粒率と高性能AE減水剤の添加量の関係を、図-4に混和材の有無と高性能AE減水剤の添加量の関係を示す。

粗粒率が小さくなると、高性能AE減水剤の添加量は増加するが、水結合材比が小さくなると粗粒率の違いによる影響は小さくなる。これは、水結合材比が小さくなるとコンクリートの粘性が高くなり、粗粒率の違いによる粘性の影響が相対的に小さくなるためと考えられる。

普通セメントのみの高流動コンクリートは、高炉スラグを混入した高流動コンクリートと比較すると高性能AE減水剤の添加量が増加する。

図-5に粗粒率と50cmフロー時間の関係を、図-6に混和材の有無と50cmフロー時間の関係を示す。粗粒率の違いによる影響は明確に見られない。図-6より水結合材比の違いによる影響は、普通セメントのみの高流動コンクリートでは見られるが、高炉スラグを混入した高流動コンクリートでは見られない。

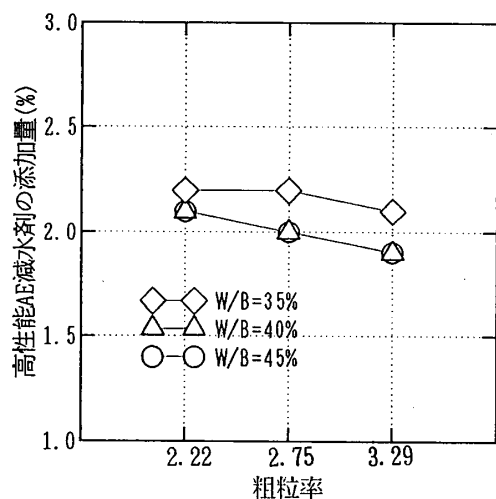


図-3 粗粒率と高性能AE減水剤の添加量の関係

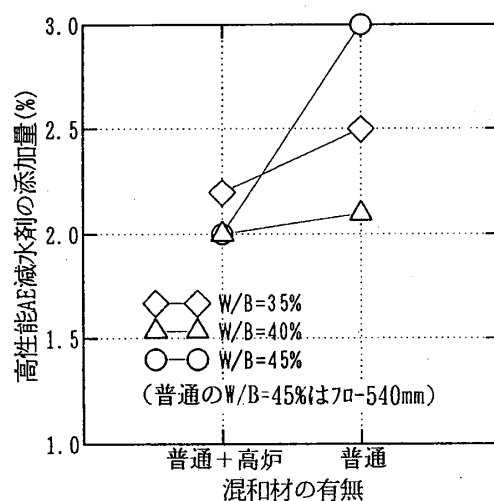


図-4 混和材の有無と高性能AE減水剤の添加量の関係

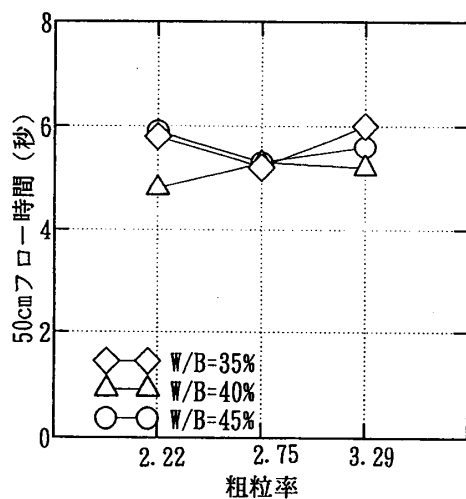


図-5 粗粒率と50cmフロー時間の関係

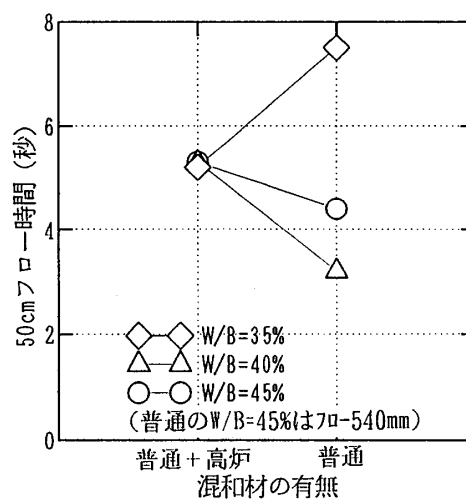


図-6 混和材の有無と50cmフロー時間の関係

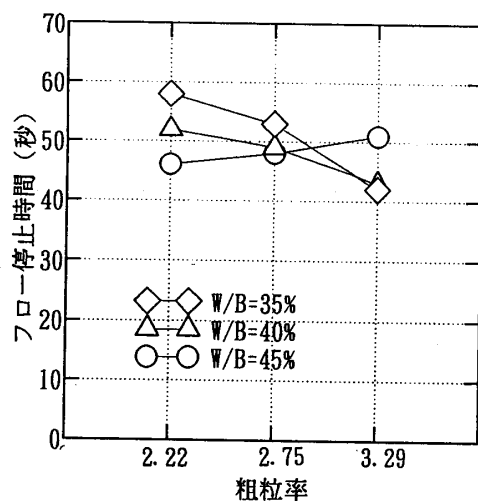


図-7 粗粒率とフロー停止時間の関係

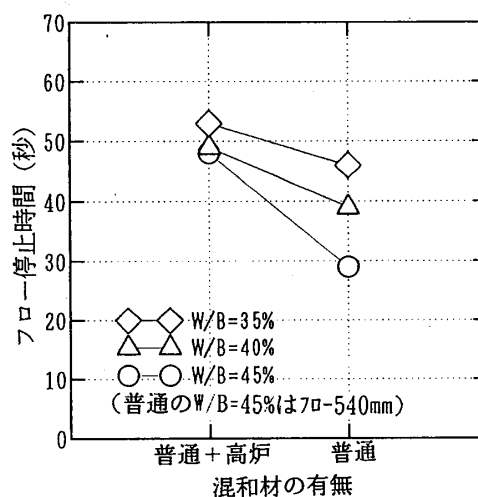


図-8 混和材の有無とフロー停止時間の関係

図-7に粗粒率とフロー停止時間の関係を、図-8に混和材の有無とフロー停止時間の関係を示す。水結合材比が35、40%では、粗粒率が小さくなるとフロー停止時間が長くなる。水結合材比が

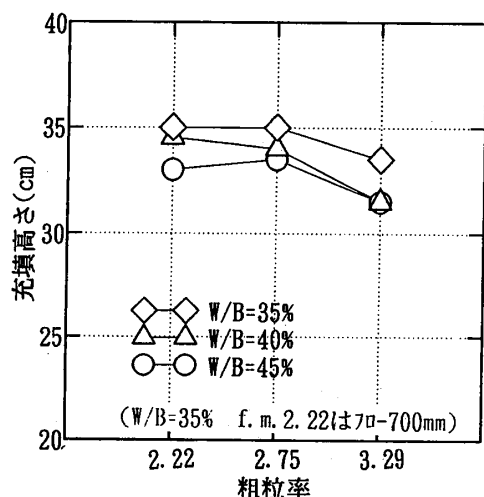


図-9 粗粒率と充填高さの関係

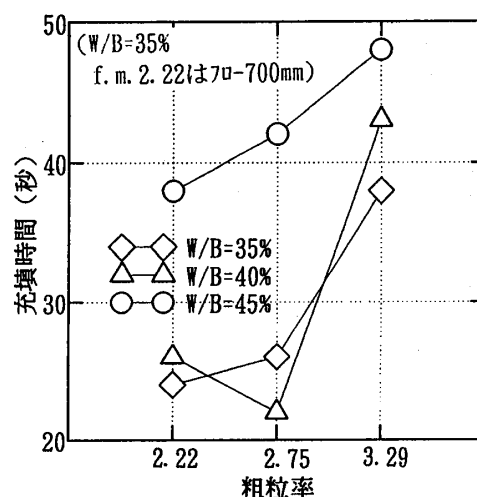


図-10 粗粒率と充填時間の関係

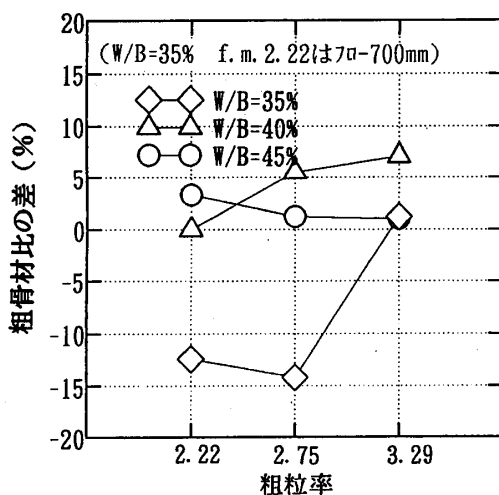


図-11 粗粒率と粗骨材の比率差の関係

45%では粗粒率が小さくなるとフロー停止時間が短くなる。普通セメントのみの高流動コンクリートでは、水結合材比の違いによる影響は見られるが、高炉スラグを混入した高流動コンクリートでは水結合材比の違いによる影響はあまり見られない。

3.2 充填性に関する影響

図-9に粗粒率と充填高さの関係を示す。粗粒率が小さくなると、充填高さは高くなる。また、水結合材比が小さくなると充填高さは高くなる。一般に、コンクリートの粘性が低いと障害物によって粗骨材が分離して閉塞し、逆に粘性が高すぎると試験器内部に付着し、コンクリートの充填高さは高くない。図-9の結果は、コン

クリートの粘性が、充填に必要な大きさになったためと考えられる。

図-10に粗粒率と充填時間の関係を示す。粗粒率が小さくなると、充填時間は短くなる。また、水結合材比が小さくなると、充填時間は短くなる。この原因としては、粘性の高い方が流出側のコンクリートの質量とコンクリートの粘性による力とが、早い時間でつり合うためと考えられる。

図-11に粗粒率と投入側と流出側の粗骨材比の差の関係を示す。投入側と流出側の粗骨材比の差は0~14%であり、充填試験による骨材の差は小さい。また、粗粒率の違いによる影響は見られない。なお、粗骨材比の差が10%以上見られるものは、スランプフローが70cm以上のものと粗骨材採取に時間がかかったものである。

充填高さ、充填時間および粗骨材比の差から充填性を判断すると、粗粒率および水結合材比が小さい方が充填性はよくなる。

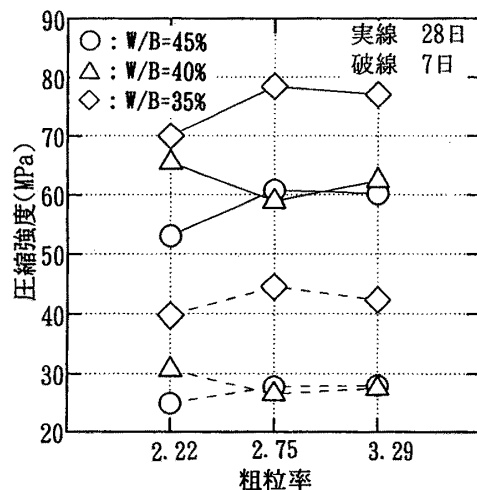


図-12 粗粒率と圧縮強度の関係

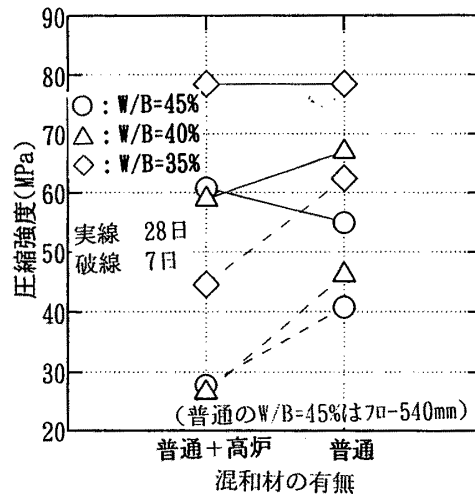


図-13 混和材の有無と圧縮強度の関係

3.3 圧縮強度に関する影響

図-12に粗粒率と圧縮強度の関係を、図-13に混和材の混入の有無と圧縮強度の関係を示す。粗粒率の違いによる圧縮強度の影響は明確には見られない。

高炉スラグを混入した高流動コンクリートは、普通セメントのみの高流動コンクリートより材齢7日の圧縮強度では低下するが、材齢28日の圧縮強度では同程度になる。

4. まとめ

今回の実験より以下の知見を得た。

- 1) 粗粒率が小さくなると、高性能AE減水剤の添加量は増加するが、水結合材比が小さくなると粗粒率の違いによる影響は小さくなる。
- 2) 高炉スラグ微粉末を混入した高流動コンクリートは、高炉スラグ微粉末を混入しない高流動コンクリートより高性能AE減水剤の添加量は少なくて良い。
- 3) コンクリートの充填性は、粗粒率および水結合材比が小さい方がよい。
- 4) 高炉スラグ微粉末を混入した高流動コンクリートは、普通セメントのみの高流動コンクリートより材齢7日の圧縮強度では低下するが、材齢28日の圧縮強度では同程度になる。

謝 辞

本報告の実施に際し、山宗化学株式会社のご協力を得ました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 牛島, 谷口ほか: コンクリートセグメントへの高流動コンクリートの適用, コンクリート工学年次論文集, Vol. 17, No. 1, pp. 261~266, 1996
- [2] 今井, 中山ほか: 高流動コンクリートのプレキャストPC桁への適用, コンクリート工学年次論文集, Vol. 17, No. 1, pp. 243~248, 1996
- [3] 平田, 竹田ほか: 高流動コンクリートのフレッシュ性状に及ぼす骨材粒度の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol. 17, No. 1, pp. 81~86, 1996
- [4] 中村, 輪湖ほか: 細骨材の粒度の相違が高流動コンクリートの性状に及ぼす影響について, コンクリート工学年次論文集, Vol. 17, No. 1, pp. 111~115, 1996
- [5] 進藤, 松岡ほか: 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集, Vol. 13, No. 1, pp. 179~184, 1991