

論文 粗骨材最大寸法が高流動コンクリートの流動性に与える影響

永山 功*1・渡辺和夫*2・町田宗久*3・新井博之*4

要旨:本研究は、モルタルの性状を一定とした条件の基で、粗骨材最大寸法とモルタル粗骨材絶対容積比が増粘剤系高流動コンクリートの流動特性に与える影響を大型スランプフロー試験と大型 L 型フロー試験によって検討したものである。その結果、モルタル粗骨材絶対容積比の増加とともにコンクリートの流動性が増加すること、粗骨材最大寸法 40mm までは粗骨材寸法が大きくなるほど流動性が増加することがわかった。

キーワード:粗骨材最大寸法、モルタル粗骨材絶対容積比、大型スランプフロー、大型 L 型フロー

1. はじめに

近年、コンクリートダム施工においても、作業の合理化、省力化を目的として、締固め作業が不要な高流動コンクリートを通廊、放流管などの鉄筋コンクリート部や鋼構造物部に利用する事例が出てきている。ダム工事に高流動コンクリートを用いる場合、コンクリートの発熱問題から、粗骨材の最大寸法を大きくした高流動コンクリートの配合設計手法を確立することが望まれている。筆者らは、これまでにダム用高流動コンクリートの配合設計手法について検討し、まず、モルタル配合を決定し、その後、高流動コンクリートの配合を決定することで合理的な配合設計が行えることを示した。^{1) 2)}そこで、本論文では、モルタルの品質を一定とした条件の基で、高流動コンクリート中のモルタル量と粗骨材最大寸法が高流動コンクリートの流動性に及ぼす影響について検討した結果を述べる。

2. 試験概要

2. 1 使用材料および配合条件

本試験では、ダム用高流動コンクリートを念頭に置き、コンクリートの発熱をできるだけ抑

えるため、増粘剤系のコンクリートを用い、さらにセメントの一部をフライアッシュで置換した。

本試験では、モルタルの品質を一定とした。すなわち、水粉体比 (W/P) を 50%、セメン

表-1 配合条件

水粉体比	W/P	50%
フライアッシュ置換率	F/P	30%
高性能 AE 減水剤	SP/P	1.4%
AE 助剤添加率	A/P	0.009%
増粘剤添加率	V/W	0.3%
ペースト細骨材絶対容積比	Vp/Vs	0.9
粗骨材最大寸法	Gmax	10、20、40、80mm
モルタル粗骨材絶対容積比	Vm/Vg	1.11~2.80

表-2 使用材料および物性値

材料	種類および性質
セメント	中庸熱ポルトランドセメント 比重: 3.20 比表面積: 3280cm ² /g
フライアッシュ	電発磯子産 比重: 2.27 比表面積: 3190cm ² /g
細骨材	笠間産砂岩 比重: 2.635 吸水率: 1.07% 粗粒率: 2.80
粗骨材	笠間産砂岩 比重: 2.673 吸水率: 0.40%
高性能 AE 減水剤	ポリカルボン酸塩系
AE 助剤	水溶性セルロースエーテル系
増粘剤	アニオン系界面活性剤

*1 建設省土木研究所ダム部ダム構造研究室室長 (正会員)

*2 建設省土木研究所ダム部ダム構造研究室主任研究員

*3 建設省土木研究所ダム部ダム構造研究室

*4 大成建設 (株) (前) 建設省土木研究所ダム部ダム構造研究室交流研究員 (正会員)

表-3 代表的な示方配合

粗骨材最大寸法(mm)	モルタル粗骨材絶対容積比	細骨材率(%)	単位量 (kg/m ³)				
			水	セメント	フライアッシュ	細骨材	粗骨材
10~80	1.88	49.7	173	242	104	860	883
10~80	1.57	45.2	162	227	97	805	990
20~80	1.32	40.9	151	211	91	749	1097
40、80	1.11	36.9	140	195	84	694	1203

表-4 材料分離抵抗性評価基準

評価点	評価基準
5	先端部まで粗骨材が均一に分布している
4	先端部の粗骨材量がやや少ない
3	先端部の粗骨材量が少ない
2	中央部に粗骨材が集中している
1	モルタル分だけが流動している

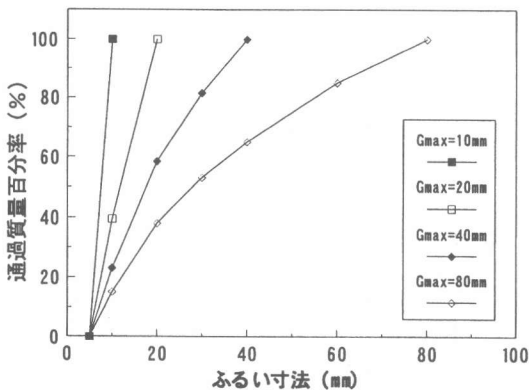


図-1 粗骨材の粒度分布

トのフライアッシュ置換率 (F/P) を 30%、ペースト細骨材絶対容積比 (V_p/V_s) を 0.9 と一定とし、粗骨材最大寸法 (G_{max}) とモルタル粗骨材絶対容積比 (V_m/V_g) のみをそれぞれ表-1 のように変化させた。なお、高性能 AE 減水剤添加率 (SP/P)、増粘剤添加率 (V/W) は、基本配合 ($G_{max}=40\text{mm}$, $V_p/V_s=0.90$, $V_m/V_g=1.88$) においてスランブフロー 60±5cm、空気量 5±2% の目標値と材料分離が生じないことを条件に決定し、他の配合においても同じ添加率を採用した。なお、使用した材料とその物性値を表-2 に示す。また、粗骨材最大寸法は 4 種類とし、最大寸法 10mm、20mm、40mm の粗骨材の粒度分布は最大寸法 80mm の粗骨材の剪頭粒度とした。その粒度分布を図-1 に示

す。また、代表的な配合を表-3 に示す。

コンクリートの練混ぜには強制二軸ミキサー (容量 100ℓ) を使用した。練混ぜにあたっては、粗骨材、細骨材の半分、結合材、増粘剤、細骨材の半分の順に材料を投入して 30 秒間の空練りを行った後、水と高性能 AE 減水剤を投入して 2 分間の練混ぜを行った。その後、練り板上にコンクリートを排出して切返しを行った後、15 分間放置してから各種試験を行った。

2.2 試験項目および試験方法

試験は大型スランブフロー試験と大型 L 型フロー試験とした。試験では粗骨材最大寸法を 10mm、20mm、40mm、80mm の 4 種類に設定し、モルタル粗骨材絶対容積比を変化させて、それぞれの流動特性について比較検討を行った。また、大型スランブフロー試験後の材料分離状況を表-4 に示した基準で判定した。なお、判定は二人で行い、その平均点を 0.5 点単位でとりまとめた。)

大型スランブフロー試験では内径 30cm、内高 70cm の大型スランブフロー容器 (ただし、容器に入れるコンクリートの高さは 60cm) を作製し、使用した。また、大型 L 型フロー試験容器の概観を図-2 に示す。大型 L 型フロー試験容器の出口部には鉄筋を配置していない。それぞれの試験容器の寸法は粗骨材最大寸法 80mm までのコンクリートに対応できるように設計したものである。

なお、容器に試料を入れる際には、材料分離が生じないように丁寧に投入した。また、大型スランブフロー試験については試験容器を引き上げる速度、大型 L 型フロー試験についてはゲートを引き上げる速度を一定 (約 12cm/s) とした。

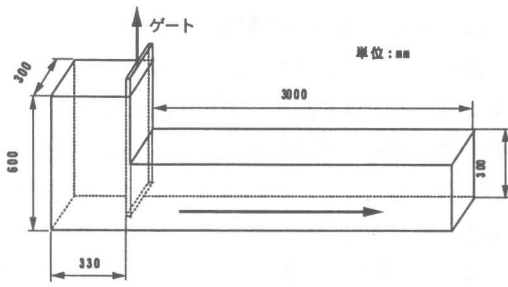


図-2 大型L型フロー試験容器

3. 試験結果および考察

3.1 大型スランブフロー試験

図-3 にモルタル粗骨材絶対容積比と大型スランブフローの関係を示す。図によると、モルタル粗骨材絶対容積比の増加に伴い、大型スランブフローが増加している。また、粗骨材最大寸法の影響について見ると、粗骨材最大寸法が40mm までは、粗骨材最大寸法が大きくなるほど所要の流動性を得るためのモルタル量を低減できるが、粗骨材最大寸法が40mm より大きくなると、その効果はあまり認められない。なお、大型スランブフローが100cm 以下のコンクリートでは、試験容器を引き上げた時にコンクリートは崩れるように流動した。

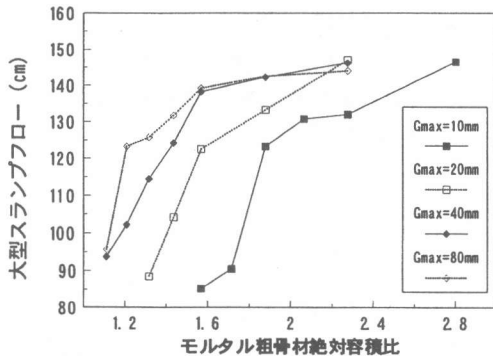


図-3 モルタル粗骨材絶対容積比と大型スランブフローの関係

次に、図-4 はモルタル粗骨材絶対容積比と大型スランブフロー 100cm 到達時間の関係を示したものである。この図から、モルタル粗骨材絶対容積比の増加に伴い、大型スランブフロー

100cm 到達時間は減少する傾向にある。また、粗骨材最大寸法の影響について見ると、図-3 と同様に、粗骨材最大寸法 40mm までは粗骨材寸法の効果が認められる。

次に、モルタル粗骨材絶対容積比と材料分離抵抗性評価点の関係について図-5 に示す。粗骨材最大寸法が 80mm の場合の一部に 2 点台の材料分離抵抗性評価点が見られたが、その他はすべて 4~5 点の良好な状態を示した。

また、図-6 に、粗骨材最大寸法 10mm、20mm、40mm、80mm の各コンクリートに対して大型スランブフローと大型スランブフロー 100cm 到達時間の関係を示す。図より、粗骨材最大寸法に関わらず大型スランブフローと大型スランブフロー 100cm 到達時間の間には 1:1 の相関関係があることが分かる。

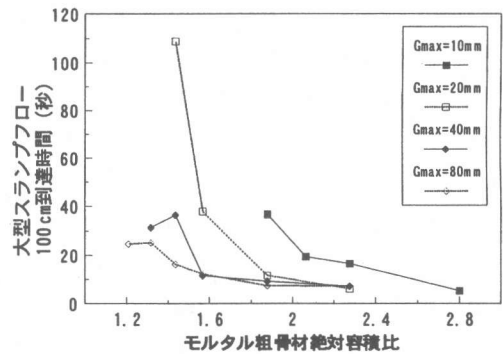


図-4 モルタル粗骨材絶対容積比と大型スランブフロー 100cm 到達時間の関係

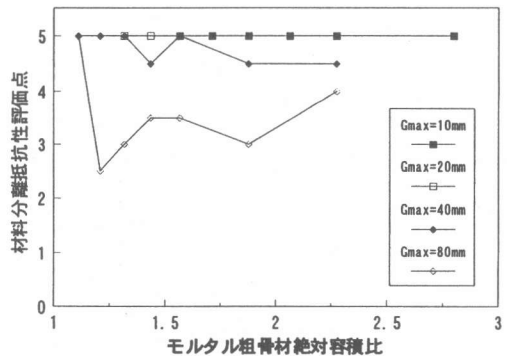


図-5 モルタル粗骨材絶対容積比と材料分離抵抗性評価点の関係

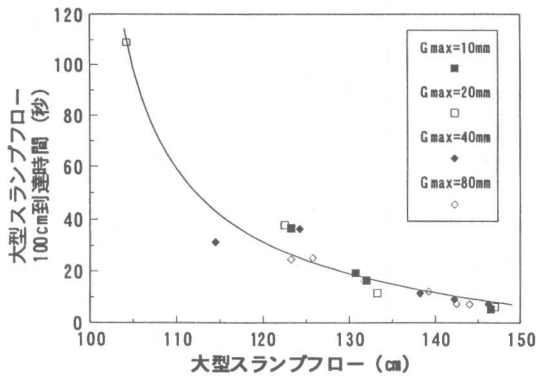


図-6 大型スランプフローと大型スランプフロー 100cm 到達時間の関係

最後に、粗骨材最大寸法 40mm 以下のコンクリートについて、標準スランプフローと大型スランプフローの関係を求めた結果を図-7 に示す。図によれば、粗骨材最大寸法に関わらず標準スランプフローと大型スランプフローの間には直線的な相関関係があることが分かる。なお、その関係式は次式で表される。

$$LSF = 2.23 \times SSF - 0.64 \quad (1)$$

ここに、

LSF：大型スランプフロー (cm)

SSF：標準スランプフロー (cm)

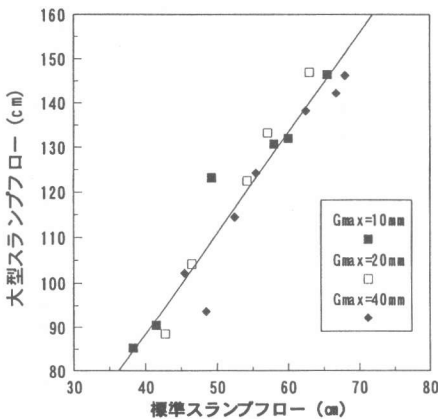


図-7 標準スランプフローと大型スランプフローの関係

3.2 大型 L 型フロー試験

図-8 にモルタル粗骨材絶対容積比と大型 L 型フローの関係を示す。図から、モルタル粗骨材絶対容積比の増加に伴って大型 L 型フローが増加していることがわかる。また、粗骨材最大寸法の影響について見ると、粗骨材最大寸法が 40mm までは、粗骨材最大寸法が大きくなるほど大型 L 型フローは増加し、少ないモルタル量で所要の流動性が得られることがわかる。しかし、粗骨材最大寸法が 40mm より大きくなっても大型 L 型フローの増加は認められないことから、粗骨材最大寸法の効果は 40mm 程度までであるといえる。

次に、図-9 にモルタル粗骨材絶対容積比と大型 L 型フロー 150cm 到達時間の関係を示す。図に示された関係はモルタル粗骨材絶対容積比

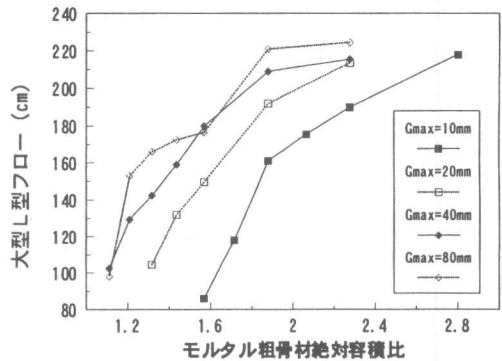


図-8 モルタル粗骨材絶対容積比と大型 L 型フローの関係

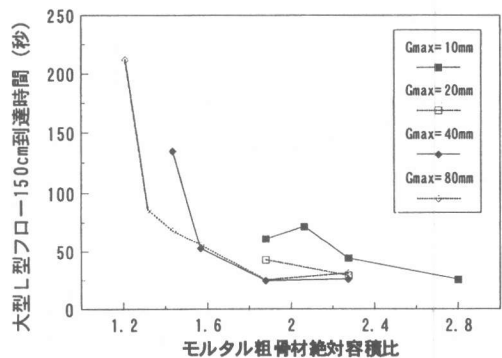


図-9 モルタル粗骨材絶対容積比と大型 L 型フロー 150cm 到達時間の関係

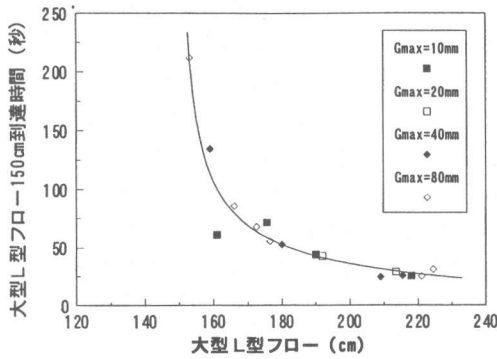


図-10 大型 L 型フローと大型 L 型フロー 150cm 到達時間の関係

と大型スランプフロー 100cm 到達時間の関係と似ており、粗骨材最大寸法の影響についても同様のことがいえる。

次に図-10 に大型 L 型フローと大型 L 型フロー 150cm 到達時間の関係を示す。図によれば、粗骨材最大寸法に関わらず、大型 L 型フローと大型 L 型フロー 150cm 到達時間の間には 1 : 1 の相関関係があることが分かる。

次に、図-11 は粗骨材最大寸法 10mm、20mm、40mm、80mm の各コンクリートに対して大型スランプフローと大型 L 型フローの関係を示したものである。図によれば、粗骨材最大寸法に関わらず大型スランプフローと大型 L 型フローの間には次式で示す線形関係があり、両者の試験はコンクリートの流動性に関して互換性があるといえる。

$$LLF = 2.04 \times LSF - 86.0 \quad (2)$$

ここに、

LLF: 大型 L 型フロー (cm)

LSF: 大型スランプフロー (cm)

次に、図-12 (a)~(d)は、粗骨材最大寸法 10 mm、20 mm、40 mm、80 mm の各配合について、大型 L 型フロー試験におけるフロー断面形状を示したものである。なお、図の線上の記号は各配合の最大粗骨材 (例えば、粗骨材最大

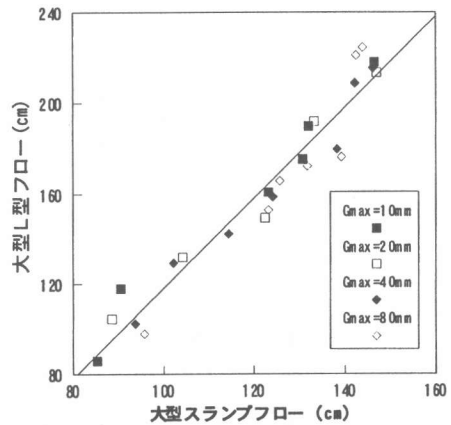


図-11 大型スランプフローと大型 L 型フローの関係

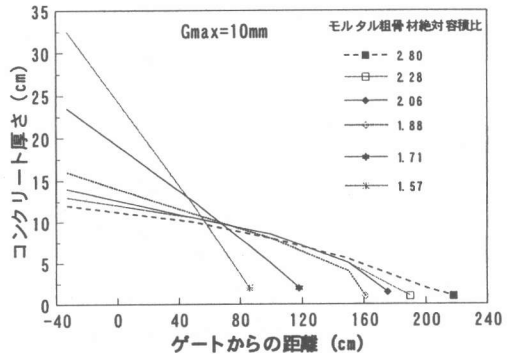


図-12(a) 大型 L 型フローの断面形状 (粗骨材最大寸法 10mm)

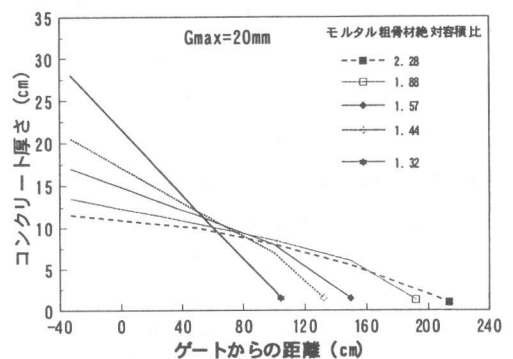


図-12(b) 大型 L 型フローの断面形状 (粗骨材最大寸法 20mm)

寸法が 80 mm の場合には 60~80mm の粒度範囲にある粗骨材)の最大移動距離を表している。

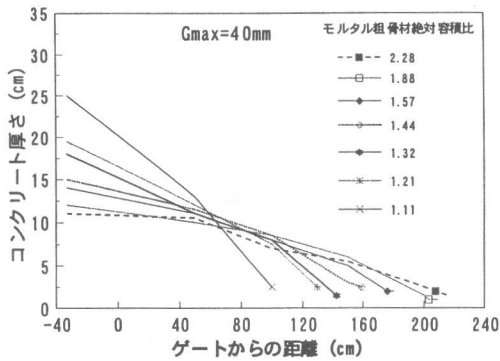


図-12(c) 大型L型フローの断面形状
(粗骨材最大寸法 40mm)

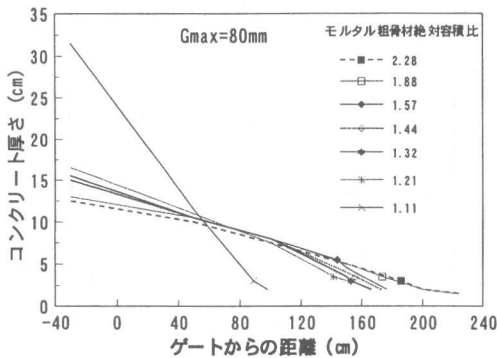


図-12(d) 大型L型フローの断面形状
(粗骨材最大寸法 80mm)

図の(a)~(d)を比較すると、粗骨材最大寸法が大きくなるほど大型L型フローと最大粗骨材の最大移動距離との差が大きくなり、分離傾向が現れていることがわかる。ただし、粗骨材最大寸法が同じ配合を比較すると、大型L型フローの大小に関わらず、最大粗骨材の最大移動距離におけるコンクリート厚さは概ね一定の値を示している。このことから、粗骨材を移動させるには十分な厚さのコンクリートが必要であり、流動したコンクリートが徐々に薄くなっていくと、粒径の大きな粗骨材が順次残されていくものと考えられる。したがって、コンクリート量が多くなれば、相対的に分離は少なくなるものと予想される

4. まとめ

本論文は、粗骨材最大寸法を 10 mm、20 mm、40 mm、80 mm とした増粘剤系高流動コンクリートにおいて、モルタル粗骨材絶対容積比を順次変化させ、その流動特性について検討した結果を述べたものである。その結果をとりまとめると以下のとおりである。

(1)粗骨材最大寸法の大きな高流動コンクリートの流動性、材料分離抵抗性を評価する方法として、大型スランプフロー試験、大型L型フロー試験を採用した。その結果、粗骨材最大寸法の大きな高流動コンクリートの流動性を適切に評価することができた。なお、大型スランプフローと大型L型フローの間には高い線形関係があり、また、粗骨材最大寸法が 40 mm 以下の配合では、標準スランプフローと大型スランプフローの間に高い線形関係にあることが確認できた。

(2)モルタル粗骨材絶対容積比を同一とした場合、粗骨材最大寸法が 40 mm までは、粗骨材最大寸法が大きな配合ほど大型スランプフロー、大型L型フローは大きくなった。また、粗骨材最大寸法が 80 mm の場合には一部の配合で材料の分離が見られたが、粗骨材最大寸法が 40 mm 以下の配合では材料分離はほとんど認められなかった。

(3)以上の結果から、配合中のセメント量をできるだけ減少させることが要求されるダム用高流動コンクリートでは、粗骨材最大寸法を 40 mm とすることが適切であると考えられる。

参考文献

- 1) 永山功、渡辺和夫、町田宗久、小西義夫：ダム用高流動コンクリートに関する実験的検討、コンクリート工学年次論文報告集, Vol.19, No1, pp139-144, 1997
- 2) 永山功、渡辺和夫、町田宗久、小西義夫：高流動コンクリートのダムへの適用性に關する検討、ダム技術, No.130, pp28-34, 1997.7